

А. С. ГРИНИН, В. Н. НОВИКОВ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ И БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ

Хранение, утилизация, переработка

Москва
2002

ИЗДАТЕЛЬСКО
ТОРГОВЫЙ ДОМ
ГРАНД



1) Промышленные отходы - 4 экз, ауд

2) Бытовые отходы - 4 экз, ауд.

млр

УДК 502/504

ББК 30.69 + 38.931

Г37

Рецензенты:

*доктор биологических наук, профессор,
академик РАЕН Е. Н. Самошкин;*

*доктор технических наук, заслуженный деятель
науки РФ, профессор Н. Д. Егупов*

Гринин А. С., Новиков В. Н.

Г37 Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. — М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. — 336 с.

ISBN 5-8183-0442-6

Данное учебное пособие знакомит с принципами экологически правильного образа жизни, доказывает необходимость проведения мероприятий по обеспечению безопасного обращения с отходами. В пособии представлены материалы по отходам, формирующимся в процессе трудовой деятельности общества, показана опасность отходов для окружающей среды, освещены вопросы хранения, утилизации, переработки отходов и правового и социального статуса этих действий. Приведены справочные данные, графики и таблицы, необходимые для обучения и практической деятельности специалистов в области экологии.

Книга предназначена для студентов и преподавателей экологических, социальных и экономических специальностей, для проведения занятий по курсам «Промышленная экология», «Основы безопасности жизнедеятельности», а также для широкого круга читателей.

*Печатается по рекомендации
Калужского филиала Московского
государственного технического университета
им. Н. Э. Баумана*

УДК 502/504

ББК 30.69

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 5-8183-0442-6

© Гринин А. С., Новиков В. Н., 2002

© Серия, оформление.

ФАИР-ПРЕСС, 2002

Пермская областная
библиотека

11 2061748

ОТ РЕДАКЦИИ

Можно сказать, что мы живем в мире отходов. Ежегодно в океан попадает около 10 млн тонн нефтепродуктов, а в водоемы — свыше 500 млрд тонн промышленных отходов; предприятия и транспорт выбрасывают в атмосферу около 1 млрд тонн аэрозолей и столько же сажи, сжигается 10 млрд тонн условного топлива. Из общего числа отходов, ежегодно образующихся на земном шаре, 7 млрд тонн приходится на Россию.

Но существуют еще и хранилища, где отходы накапливаются годами. На территории России накоплено 80 млрд тонн твердых отходов и 1,6 млрд тонн токсичных отходов, в том числе содержащих канцерогенные вещества.

На одного москвича приходится порядка 270 кг бытовых отходов в год, и эта цифра продолжает расти.

Отходы собираются как на специализированных, так и на стихийных свалках. На долю неразрешенных мест размещения отходов приходится более 70%. Биохимические процессы разложения отходов оказывают вредное воздействие на окружающую среду. Свалки бытовых отходов загрязняют почву и растения, воздух, подземные и поверхностные воды, плодят в огромных количествах крыс, мышей и насекомых, способствующих распространению инфекционных заболеваний. Сложившаяся ситуация представляет реальную угрозу здоровью людей — нынешнему и грядущим поколениям. Вот почему сегодня во всем мире так остро стоит вопрос об охране окружающей среды.

Это учебное пособие впервые в России дает систематизированное представление об опасности для экологии промышленных, бытовых и сельскохозяйственных отходов, освещает вопросы их хранения, утилизации и переработки.

Принятые сокращения

адс.	— адсорбция
АХОВ	— аварийные химически опасные вещества
АЭС	— атомная электростанция, ЧАЭС — Чернобыльская АЭС
ВВ	— взрывчатые вещества
ВОЗ	— Всемирная организация здравоохранения
ГСЭД	— годовая средняя эффективная доза
ГФУ	— гексафторид урана
КРТП	— комбинированное радиационно-термическое поражение
ЛВГЖ	— легковоспламеняющиеся горючие жидкости
МАГАТЭ	— Международное агентство по атомной энергии
МКРЗ	— Международная комиссия по радиационной защите
МЭД	— мощность экспозиционной дозы
НИИРГ	— научно-исследовательский институт радиационной гигиены
НП	— населенный пункт
ОГСВ	— осадки городских сточных вод
ОЗВ	— облако зараженного воздуха
ОНХ (ОЭ)	— объект народного хозяйства (экономики)
ОС	— окружающая природная среда
ПАВ	— поверхностно-активные вещества
ПДК (ПДУ)	— предельно допустимая концентрация (уровень)
ПДП	— предельно допустимое поступление (в организм)
ПО	— производственное объединение
ПОО	— потенциально опасный объект
ПЯТЦ	— предприятие ядерного топливного цикла
РА	— радиоактивный
РАИ	— радиоактивное излучение
РАОО	— радиационно опасный объект

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

РВ	— радиоактивные вещества
РЗ	— радиоактивное заражение
РН	— радионуклид
СДЯВ	— сильнодействующие ядовитые вещества
СиДНР	— спасательные и другие неотложные работы
СИЗ	— средства индивидуальной защиты
ТБО	— твердые бытовые отходы
ТВВ	— текстильно-вспомогательные вещества
ТВО	— термически высушенный осадок
ТВЭЛ	— тепловыделяющий элемент
УВВ	— ударная воздушная волна
ХВО	— хранилище жидких отходов
ЧС	— чрезвычайная ситуация
ЯБП	— ядерный боеприпас
ЯТЦ	— ядерный топливный цикл

Терминология

Абиотические факторы ОС — это комплекс условий неорганической среды, влияющий на жизнедеятельность организма. Они могут быть химическими (состав атмосферы, пресность воды, почвы, состав отложений) или физическими (температура, давление, ветер, влажность, радиация).

Аварийно-спасательные работы в чрезвычайной ситуации — (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Первоочередные работы в зоне чрезвычайной ситуации по локализации и тушению пожаров, аварийному отключению источников поступления жидкого топлива, газа, электроэнергии и воды, по поиску и спасению людей, а также оказанию пораженным первой медицинской помощи и их эвакуации в случае необходимости в специализированные медицинские учреждения вне зоны чрезвычайной ситуации.

Аварийно-спасательные силы постоянной готовности (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Составная часть сил и средств РСЧС, находящаяся на дежурстве и предназначенная для быстрого прибытия и проведения в минимально возможный срок неотложных работ в зонах чрезвычайной ситуации как на территории России, так и за рубежом.

Авария (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде. Крупная авария с человеческими жертвами является катастрофой.

ADI — максимально допустимый ежедневный прием вредного вещества (мг на кг живого веса), не связанный с заметным риском для здоровья человека.

Антропогенные факторы — это совокупность воздействия деятельности человека (в основном производственной) на органический мир, что приводит к изменению рельефа, химического состава ОС, климата региона (планеты), перераспределению пресной воды. В результате происходит исчезновение биогеоценозов, появление искусственных агро- и биобиогеоценозов, уничтожение вредных для человека видов растений и животных, возделывание культурных растений.

Безопасность в ЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94): Состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей природной среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях. Различают безопасность по видам опасности (промышленная, радиационная, химическая, сейсмическая, пожарная, биологическая, экологическая), по объектам (население, объект экономики и окружающая природная среда) и по источникам чрезвычайной ситуации.

Безопасность населения в ЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94): Состояние защищенности жизни и здоровья людей, их имущества и среды обитания человека от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Биологическая флуктуация — суммарные результаты данных о рождаемости и смертности в популяции с учетом данных о миграции особей.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) — количество кислорода, необходимое аэробным бактериям для окисления органических веществ в воде (мг O_2 /л). БПК₅ — замер потребления кислорода выполнен в течение пяти дней при температуре 20°C. Величина БПК (мг O_2 /л) зависит от исследуемой пробы: чистая вода — 2; бытовые отходы — 5; сточные воды — 7; стоки со свиарника — 18; силос — 55.

Биоценоз (многовидовые сообщества) — любое сообщество живых взаимосвязанных организмов (животных, растений, микроорганизмов), живущих на конкретном участке водоема или суши и характеризующееся определенными отношениями между собой и приспособленностью к окружающим условиям. Если же данное сообщество состоит только из микроорганизмов, то его называют микробиоценозом (бактериальным ценозом).

Ген — участок молекулы ДНК, в котором закодирована информация (последовательность аминокислот), обеспечивающая развитие определенных признаков (свойств) у организмов и его передачу потомкам.

Гражданская оборона (ГО) (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Система оборонных, инженерно-технических и организационных мероприятий, осуществляемых в целях защиты гражданского населения и объектов экономики от опасностей, возникающих при военных действиях.

Доминанта — временно господствующая в составе сообщества составляющая.

Защита населения в чрезвычайных ситуациях (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Совокупность взаимосвязанных по времени, ресурсам и месту проведения мероприятий РСЧС, направленных на предотвращение или предельное снижение потерь населения и угрозы его жизни и здоровью от

поражающих факторов и воздействий источников чрезвычайной ситуации.

Зона риска (по ГОСТ Р 22.0.10-96). Территория или акватория, на которой существует опасность воздействия поражающих факторов от потенциального источника чрезвычайной ситуации.

Зона чрезвычайной ситуации (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Территория или акватория, на которой в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации или распределения его последствий из других районов возникла чрезвычайная ситуация.

Информационно-управляющая система РСЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Система, предназначенная для сбора, комплексной обработки, оперативной информации о чрезвычайных ситуациях и информационного обмена на между различными подсистемами и звеньями РСЧС, а также для обеспечения передачи органами повседневного управления необходимых указаний силам и средствам ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Источник техногенной ЧС (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Опасное техногенное происшествие, в результате которого на объекте, определенной территории или акватории произошла техногенная чрезвычайная ситуация (аварии на промышленных объектах или на транспорте, пожары, взрывы или высвобождение различных видов энергии).

Источник чрезвычайной ситуации (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Опасное природное явление, авария или техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Катастрофа (по ГОСТ Р 22.0.10-96). Крупная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей либо разрушения, либо уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приведшая к серьезному ущербу окружающей природной среды.

Комплекс технических средств для ведения работ в зонах чрезвычайной ситуации (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Взаимно увязанные по производительности и работающие под единым управлением основные и вспомогательные технические средства, предназначенные для выполнения отдельных работ или определенных видов работ в рамках одного процесса в зонах чрезвычайной ситуации.

Контроль за окружающей средой (по ГОСТ Р 22.1.02-95). Сопоставление полученных данных о состоянии окружающей среды с установленными критериями и нормами техногенного воздействия или фоновыми параметрами с целью оценки их соответствия.

Ксенобиотики — это вещества, по своей структуре и биологическим свойствам чуждые биосфере.

Ликвидация ЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Проведение в зоне чрезвычайной ситуации и в прилегающих к ней районах силами и средствами ликви-

ликвидации чрезвычайных ситуаций всех видов разведки и неотложных работ, а также организация жизнеобеспечения пострадавшего населения и личного состава этих сил.

Материальный состав биосферы (литосферы, гидросферы и атмосферы с находящимися живыми существами) включает качество материального состава окружающей среды, т.е. непосредственное состояние экологической системы (воды, воздуха, почвы, продуктов питания и жилье человека). Для среднего суточного потребления человека это составляет: 10 кг воздуха, 2 л воды, 1 кг твердых продуктов питания. Изменения материального состава биосферы, концентрации веществ в ее сферах, возможности биологического использования приводят к изменениям качества окружающей среды.

Мероприятие РСЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Совокупность организованных действий, направленных на решение какой-либо из задач по предупреждению или ликвидации чрезвычайных ситуаций, выполняемых органами повседневного управления, силами и средствами территориальных, функциональных и ведомственных подсистем РСЧС.

Метабиоз — определенный вид взаимоотношений, при котором один вид микроорганизмов использует продукты жизнедеятельности другого, и сам, в свою очередь, создает благоприятные условия для развития первого.

Метаболизм — превращение вредных для организма веществ в результате физиологических процессов обмена веществ в организме, после чего они удаляются из клеток организма или отлагаются в неопасной форме.

Мониторинг окружающей среды (по ГОСТ Р 22.1.02-95). Система наблюдений и контроля, проводимых регулярно, по определенной программе для оценки состояния окружающей среды, анализа происходящих в ней процессов и своевременного выявления тенденций ее изменения.

Наблюдение за окружающей средой (по ГОСТ Р 22.1.02-95). Система мероприятий, обеспечивающих определение параметров, характеризующих состояние окружающей среды, отдельных ее элементов, видов техногенного воздействия, а также происходящих в окружающей среде природных, физических, химических и биологических процессов.

Неотложные работы в чрезвычайной ситуации (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Аварийно-спасательные и аварийно-восстановительные работы, оказание экстренной медицинской помощи, проведение санитарно-эпидемиологических мероприятий и охрана общественного порядка в зоне чрезвычайной ситуации.

Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Принятие и соблюдение правовых норм, выполнение эколого-защитных, отраслевых или ведомственных требований и правил, а также проведение комплекса организационных, экономических, эколого-защитных, санитарно-гигиенических, санитарно-эпидемиологических и специальных мероприятий, направленных на обеспечение защиты населения, объектов экономики и иного назначения, окружающей природной среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Объект мониторинга (по ГОСТ Р 22.1.02-95). Природный, техногенный или природно-техногенный объект (или его часть), в пределах которого по определенной программе осуществляются регулярные наблюдения за окружающей средой с целью контроля его состояния, анализа происходящих в ней процессов, выполняемых для своевременного выявления и прогнозирования их изменений и оценки.

Опасность в ЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Состояние, при котором создается или вероятно угроза возникновения поражающих факторов и воздействий источника чрезвычайной ситуации на население, объекты экономики и окружающую природную среду в зоне чрезвычайной ситуации.

Пестициды — это химические средства защиты растений и животных от вредителей (инсектициды), сорняков (гербициды) и болезней растений (фунгициды).

Предотвращение чрезвычайных ситуаций (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Комплекс правовых, организационных, экономических, инженерно-технических, эколого-защитных, санитарно-гигиенических, санитарно-эпидемиологических и специальных мероприятий, направленных на организацию наблюдения и контроля состояния окружающей природной среды и потенциально опасных объектов, прогнозирования и профилактики возникновения источников чрезвычайной ситуации, а также на подготовку к чрезвычайным ситуациям.

Предупреждение чрезвычайных ситуаций (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Совокупность мероприятий, проводимых органами исполнительной власти Российской Федерации и ее субъектов, органами местного самоуправления и организационными структурами РСЧС, направленных на предотвращение чрезвычайных ситуаций и уменьшение их масштабов в случае возникновения.

Прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций (по ГОСТ Р 22.1.02-95). Опережающее отражение вероятности появления и развития техногенных чрезвычайных ситуаций и их последствий на основе оценки риска возникновения пожаров, взрывов, аварий, катастроф.

Радиационно-опасный объект (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют радиоактивные вещества, при аварии или его разрушении может произойти облучение ионизирующим излучением или радиоактивное загрязнение людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов экономики, а также окружающей природной среды.

Радиационный контроль (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Контроль соблюдения норм радиационной безопасности и основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и иными источниками ионизирующего излучения, а также получение информации об уровнях облучения людей и о радиационной обстановке на объекте и в окружающей среде. Выделяют дозиметрический и радиометрический контроль.

Резорбция — перенос (проникновение) вредного вещества с поверхности тела организма (кожи, легких) во внутренние ткани.

Риск (в популярном толковании) — возможность опасности, неудачи. Проявление отдачи; что-либо предпринимаемое на удачу, без верного расчета.

Риск (в праве). Возможность наступления убытков вследствие гибели или повреждения имущества либо невозможности выполнения обязательств.

Риск случайной гибели (в праве). Возможность наступления убытков, которые могут произойти от гибели или порчи предмета договора, в силу таких обстоятельств, за которые участники договора не несут ответственности (например, при действии непреодолимой силы).

Риск. Возможная опасность какой-либо неудачи, возникающая в связи с предпринимаемыми действиями, а также сами действия, при которых достижение желаемого результата связано с такой опасностью.

Риск возникновения ЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Вероятность или частота возникновения источника чрезвычайной ситуации, определяемая соответствующими показателями риска.

Российская система предупреждения и действий в ЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94).

Система органов исполнительной власти Российской Федерации и субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, государственных учреждений и различных общественных объединений, а также специально уполномоченных организационных структур с имеющимися у них силами и средствами, предназначенными для предупреждения чрезвычайных ситуаций, а в случае их возникновения — для их ликвидации, обеспечения безопасности населения, защиты окружающей среды и уменьшения потерь и материального ущерба.

Силы аварийно-спасательной службы (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Подразделения, базы, военизированные части и специализированные формирования органа исполнительной власти Российской Федерации или ее субъекта, предназначенные для выполнения задач функциональных и ведомственных подсистем или звеньев РСЧС в пределах своей компетенции.

Силы и средства РСЧС (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Силы и средства территориальных, функциональных и ведомственных или отраслевых подсистем и звеньев РСЧС, предназначенные или привлекаемые для выполнения задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Силы и средства РСЧС состоят из двух составных частей: силы и средства наблюдения и контроля, силы и средства ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Система оповещения о ЧС (по ГОСТ Р 22.3.01-94). Организационно-техническое объединение сил и специализированных технических средств оповещения и системы связи РСЧС, а также каналов территориальных и ведомственных сетей связи, обеспечивающих передачу сигналов оповещения и информации о чрезвычайной ситуации.

Служба жизнеобеспечения населения в ЧС: служба ЖОН ЧС (по ГОСТ Р 22.3.05-96). Функционально-организационная структура системы

ЖОН ЧС, предназначенная для организации и проведения в рамках своей компетенции мероприятий по жизнеобеспечению населения в чрезвычайных ситуациях.

Средства жизнеобеспечения населения в ЧС (по ГОСТ Р 22.3.05-96). Коммунально-бытовые и производственные объекты, сооружения и технические средства, производимая ими продукция и оказываемые услуги, резервы материальных ресурсов, используемые для жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях.

Техногенная опасность (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объекту, реализуемое в виде поражающих воздействий источника техногенной чрезвычайной ситуации на человека и окружающую среду при его возникновении либо в виде прямого или косвенного ущерба для человека и окружающей среды в процессе нормальной эксплуатации этих объектов.

Техногенная ЧС (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, хозяйству страны и окружающей природной среде. Различают техногенные чрезвычайные ситуации по месту их возникновения и по характеру основных поражающих факторов источника чрезвычайной ситуации.

Урбанизация — процесс сосредоточения определенных элементов мироздания (промышленности, населения, отходов) в ограниченном пространстве.

Химическая авария (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Авария на химически опасном объекте; сопровождающаяся проливом или выбросом опасных химических веществ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов; сельскохозяйственных животных и растений, или к химическому заражению окружающей природной среды.

Химически опасный объект (по ГОСТ Р 22.0.05-94). Объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) (по ГОСТ Р 22.0.02-94). Состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде. Различаются чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техно-

генные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (глобальные или национальные, региональные, местные и локальные или частные).

Чрезвычайная ситуация на акватории (по ГОСТ Р 22.0.09-95). Состояние, при котором в результате возникновения источника на акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей и мореплавания, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, морским (речным) объектам, водной флоре и (или) фауне на море или внутреннем водном бассейне. Различают чрезвычайные ситуации на акваториях по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (глобальные, национальные, региональные, местные и локальные или частные).

Эпидемия — постоянное существование заразных заболеваний в какой-либо местности.

ВВЕДЕНИЕ

Микроорганизмы населяют и преобразовывают самые неожиданные сферы, с которыми соприкасаются. В литосфере и океане, рудных и нефтяных месторождениях, озерах и вулканах, воздухе и живых организмах — везде обнаруживаются присутствие и преобразовательная деятельность мельчайших существ, невидимых простым глазом. Масштабы этой деятельности настолько грандиозны и многообразны, что человек ищет возможности и пути рационального использования ее в своей хозяйственной деятельности.

Довольно долго человек пребывал в неведении относительно роли, которую играют микробы в его жизни. Лишь 10% органического вещества земного шара располагается на суше, а 90% — в гидросфере планеты (в 1 км³ воды биомасса микробного населения морей и океанов составляет 500 т). Широкое распространение, быстрое размножение, интенсивный обмен веществ, обуславливающий разложение огромной массы органических материалов, характеризуют важность роли микробов в природе и в жизни человека. Например, значение микробов в природе столь велико, что жизнь на земле без их участия была бы невозможна. Микроорганизмы являются важнейшим, ничем не заменимым звеном в круговороте углерода и азота в природе.

Углекислый газ атмосферы, аммонийные и азотнокислые соли почвы пополняются главным образом благодаря гигантской работе микроорганизмов, разлагающих белковые вещества (включая клетчатку и пектиновые вещества) до CO₂, воды и некоторых других

простейших неорганических веществ. Аммиак почвенными бактериями окисляется до азотной кислоты или химическим путем превращается в аммонийные соли.

Таким образом, микроорганизмы очищают земную поверхность от многочисленных растительных остатков, трупов животных и одновременно обеспечивают растения необходимыми им питательными веществами. Растения синтезируют из CO_2 , воды, азотнокислых или аммонийных солей сложные органические вещества (белки, углеводы, жиры), которые служат пищей для животных и человека. Биомасса живых микроорганизмов намного превышает биомассу всех сельскохозяйственных культур и животных, вместе взятых. Дрожжи, бактерии, водоросли — это неиссякаемый источник белка для живых организмов, в том числе и человека.

В организме взрослого человека нормальная бактериальная биомасса составляет 5–8 кг. Умение управлять жизнедеятельностью микроорганизмов, сохранять плоды многомиллиардной армии микроскопических тружеников позволяет без дополнительных затрат поддерживать жизнеспособность многих экологических систем. В условиях все возрастающего экологического неблагополучия, широкого воздействия химических, физических и биологических факторов в организме человека наблюдаются существенные микроэкологические нарушения, имеющие серьезные последствия как для отдельных индивидуумов, так и для общества в целом. Иными словами, неблагоприятные условия и состояние окружающей среды оказывают губительное воздействие на нормальную микрофлору, т.е. на дружественных микробов, защищающих от патогенных (болезнетворных) бактерий.

Любой дисбаланс нормальной микрофлоры делает организм человека беззащитным от проникновения извне нежелательных микробов. В современном мире существенно изменились условия обитания человека: загрязнены биосфера, вода, почва и продукты питания. Это увеличивает риск для здоровья людей, влияет на биологические и социальные процессы в обществе.

Например, большинство бактерий в сточной воде адсорбируются на поверхности или внутри суспензий, богатых органическими веществами. Здесь имеются условия, достаточные для выживания микроорганизмов.

Многочисленными исследованиями доказано, что доминирующими типами микроорганизмов, выделенных из бытовых сточных вод, являются бактерии группы кишечной палочки, сальмонеллы, стафилококки, стрептококки, энтерококки, клостридии, энтеро-

вирусы. Из колиформных бактерий от $1/2$ до $1/20$ их числа составляют энтерококки, находящиеся в фекалиях человека. Большинство энтеробактерий, выделенных из сточных вод, образуют водород, который является основным предшественником метана.

В сточных водах обнаружено 664 штамма микроорганизмов рода *Yersinia*, количество которых достигает 900 КОЕ/мл. В 85% проб сточной воды обнаруживаются сальмонеллы. Их количество может достигать 2400 м.т. в 100 мл сточной воды. В необработанной сточной воде сальмонеллы находятся в виде скоплений и хорошо адаптируются к условиям окружающей среды. В процессе дезинфекции эти скопления разрушаются, но сальмонеллы часто выживают и обнаруживаются в необработанной сточной воде. В анаэробном иле сточных вод сальмонеллы могут выживать в течение 2–3 недель.

Помимо возбудителей бактериальных кишечных инфекций и энтеровирусов, в сточных водах можно обнаружить до нескольких сотен в 1 л жизнеспособных яиц гельминтов, а также мицелий и споры различных грибов.

Бытовая сточная вода является благоприятной средой для сохранения и размножения микроорганизмов. Оптимальная температура для их развития колеблется в пределах от 25 до 37°C, а pH — от 6,0 до 8,0. Стимулирующее действие на микроорганизмы оказывают поверхностно-активные вещества, находящиеся в сточной воде.

Благодаря жизнедеятельности микроорганизмов происходит разрушение органических загрязнений сточной воды до более простых компонентов. Этот процесс протекает как в аэробных (в присутствии кислорода), так и в анаэробных (в отсутствие кислорода) условиях. В аэробных условиях наблюдается гидролиз белковых органических соединений с образованием углекислого аммония. В дальнейшем азот аммиачных солей окисляется до азотисто- и азотнокислых солей (нитратов).

Одновременно с окислительными в сточной воде протекают и восстановительные процессы денитрификации, во время которых микробы потребляют кислород образовавшихся азотных соединений.

Однако таким образом гидролизуется лишь до 25% органических веществ сточной воды. Основная масса органических веществ выпадает в виде осадка, слеживается и процессы их разложения идут уже в анаэробных условиях. Микробиологические процессы анаэробного разложения твердой фазы весьма сложны. Органические вещества, содержащие углерод, разлагаются с образованием жирных кислот, метана, углекислоты, водорода, спиртов, окиси углерода и воды. Серосодержащие вещества разлагаются с образованием сероводорода.

Таким образом, в процессе биологической очистки сточных вод в атмосферу выделяется большое количество газов, которые неблагоприятно воздействуют на здоровье и работоспособность людей, находящихся в условиях замкнутого пространства. Более того, количество микроорганизмов в сточной воде при этом не уменьшается, а даже увеличивается.

В связи с этим возникает необходимость обеззараживания сточных вод и консервации их для предупреждения размножения микроорганизмов и стабилизации физико-химических процессов в условиях длительного (не менее 30 сут) хранения.

При оценке состояния окружающей среды учитывают:

- ♦ уровень загрязнения природных ресурсов;
- ♦ объем и количество вредных веществ, образующихся в процессе хозяйственной деятельности данного региона;
- ♦ количественный и качественный состав вредных выбросов от конкретных объектов экономики региона;
- ♦ элементы природной среды, более всего подверженные отрицательному воздействию в регионе;
- ♦ само воспроизводство природных ресурсов;
- ♦ антропогенное воздействие на природные элементы;
- ♦ критическое истощение ресурсов, ущерб, вызванный загрязнением окружающей среды (ОС);
- ♦ дополнительные затраты на медицинское обслуживание, оплата нетрудоспособности, лечения, компенсаций, страхования разных видов, расходы на обслуживание опасных зон;
- ♦ дополнительные затраты на содержание объектов жилищно-коммунального и промышленного хозяйства, их ремонт и реконструирование; уборка и обеззараживание территорий, транспорта, оборудования и имущества; содержание зеленых насаждений;
- ♦ потери урожая, расходы на проведение защитных и профилактических мероприятий в сельском хозяйстве; нанесение ущерба водным ресурсам и водному хозяйству (потенциальный ущерб от сокращения или прекращения вылова рыбы, обеспечения населения водой);
- ♦ потери продуктивности леса (древесина, травы, грибы, ягоды), мест отдыха населения в зеленой зоне, ущерб от пожаров.

Современная окружающая природная среда, созданная не без участия человека, часто резко отличается от многовековой естественной ОС данного региона. Качество среды до активного вмешатель-

ства человека обеспечивалось самой природой путем саморегулирования и самоочищения от загрязнений не техногенного характера. В основе такого процесса самоочищения и саморегулирования лежит принцип безотходности процессов, происходящих в природных циклах, т.е. конечный продукт одного служит сырьем для последующего природного цикла. Например, гниение органических остатков (растений и животных) в почве, минерализация твердых веществ или растворение минералов обеспечивают ее плодородие. В следующем цикле при наличии влаги и определенном газовом содержании атмосферы создаются условия для роста и развития растений, что обеспечивает протекание очередного цикла (питание животных) и т.д. Идет воспроизводство всего живого на земле (от бактерий и грибов до высших форм жизни). В качестве регуляторов уровня воспроизводства выступают климатические и другие условия ОС.

Вмешательство человека в природные циклы приводит к тому, что его же организм не успевает приспособиться к таким быстро происходящим изменениям (новым условиям жизни). Наличие «мягких» связей человека с окружающей средой обеспечивает организму большое количество степеней свободы. Но воздействие вредных и опасных факторов ОС приводит к резкому снижению количества степеней свободы, делает организм не в полной мере адаптируемым, что ведет к развитию его патологии.

В настоящее время все очевиднее становится необходимость разработки экологически безопасных технологий и оборудования для обезвреживания и переработки промышленных отходов, а также технологических линий по их сортировке с целью использования компонентов в качестве вторичного сырья.

В настоящее время все очевиднее становится необходимость разработки экологически безопасных технологий и оборудования для обезвреживания и переработки промышленных отходов, а также технологических линий по их сортировке с целью использования компонентов в качестве вторичного сырья.

В настоящее время все очевиднее становится необходимость разработки экологически безопасных технологий и оборудования для обезвреживания и переработки промышленных отходов, а также технологических линий по их сортировке с целью использования компонентов в качестве вторичного сырья.

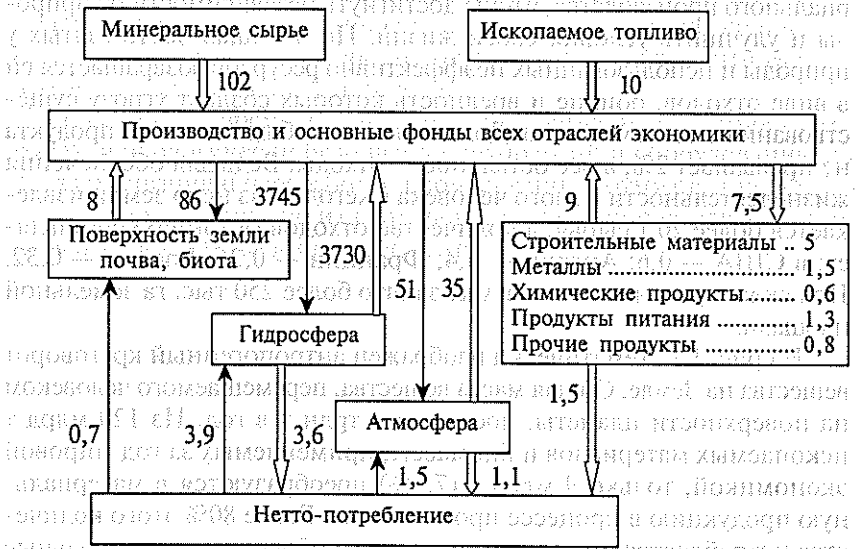
УСТОЙЧИВОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПОНЯТИЕ ОТХОДОВ. СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

Устойчивость и безопасность окружающей природной среды (ОС), понятие отходов. Человек всегда стремился наращивать темпы материального производства, чтобы достигнуть независимости от природы и улучшить условия своей жизни. Но большая часть взятых у природы и использованных неэффективно ресурсов возвращается ей в виде отходов, обилие и вредность которых создает угрозу существования самого человека. Доля полезного общественного продукта не превышает 2%, а все остальное — отходы. Ведь для обеспечения жизнедеятельности одного человека ежегодно из недр земли извлекается более 20 т сырья, а количество отходов (в тоннах) составляет: в США — 0,6; Англии — 0,4; Франции — 0,36; России — 0,32. Под складирование отходов уже занято более 250 тыс. га земельной площади.

На рис. 1.1 схематически изображен антропогенный круговорот вещества на Земле. Общая масса вещества, перемещаемого человеком на поверхности планеты, достигает 4 трлн т в год. Из 120 млрд т ископаемых материалов и биомассы, применяемых за год мировой экономикой, только 9 млрд т (7,5%) преобразуются в материальную продукцию в процессе производства. Более 80% этого количества потребляется и входит в основные и оборотные материальные фонды и резервы всех отраслей мирового хозяйства, т.е. в основном возвращается в производство. Таким образом, из 120 млрд т вещества, вовлекаемого в производство и потребление, 94% вещества поступает в окружающую природную среду в виде отходов. Личное

потребление людей составляет только 1,5 млрд т/год (1,25% количества вовлекаемых в мировую экономику материалов и биомассы), причем больше половины этой массы относится к нетто-потреблению продуктов питания — той части отходов, которая сопутствовала человеческой цивилизации всегда. Лишь небольшая часть продуктов питания минует производственный цикл, т.е. не требует дополнительных затрат энергии на приготовление пищи. В водоемы и на поверхность земли переходит 3,9 млрд т жидких и 0,7 млрд т — твердых бытовых отходов (рис. 1.1).

В расчете на одного человека в сутки нетто-потребление составляет в среднем около 40 г сухого вещества пищи, 1,9 л питьевой воды, 400 л кислорода и около 380 г вещества промышленных изделий и материалов. Количество воды, пищи и кислорода несколько превышает физиологический минимум, сравнительно слабо варьирующий в связи с климатическими, национальными, социальными особенностями и определяющий некий стандарт стабильных условий существования человека.



⇒ — потоки потребления, млрд т; → — потоки отходов и загрязнения среды

Рис. 1.1: Ориентировочный глобальный антропогенный материальный баланс.

Важным принципом функционирования экосистем является их существование за счет незагрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно. Люди могли бы существовать исключительно за счет солнечной энергии, они использовали бы лишь ее часть, что достаточно для удовлетворения любых мыслимых потребностей человечества. Причем в отличие от энергии, получаемой путем сжигания ископаемого топлива или на атомных электростанциях, солнечная энергия является экологически «чистой» (ядерные реакции, идущие в недрах Солнца и служащие источником этой энергии, сопровождаются радиоактивным загрязнением, но протекают на расстоянии 150 млн км от Земли). Солнечная энергия всегда была и будет доступной в одинаковом (безграничном) количестве и бесплатно. Ее поступление не зависит от политических событий и экономических трудностей, но из-за ее рассеяния необходимо разработать технические средства для концентрации энергии. Однако развитие человечества идет по другому пути: энергию человек получает в основном при сжигании ископаемых углеводородов (уголь, нефть, газ). Этот процесс стоит на первом месте среди источников загрязнения окружающей среды по количеству образующихся отходов: в золе угля и нефти обнаружены практически все металлы. В одной тонне каменноугольной золы в среднем содержится 200 г свинца, 400 г урана, по 500 г германия и мышьяка, 700 г никеля и др. Зола нефти содержит много ванадия (иногда до 65%, что может служить в качестве ванадиевой руды), а также ртуть, молибден и никель. Зола торфа обогащена ураном, мышьяком, кобальтом, медью, никелем, цинком, свинцом. При ежегодном сжигании 2,4 млрд т каменного и 0,9 млрд т бурого угля с золой в виде отходов в биосферу поступает 280 тыс. т мышьяка и 220 тыс. т урана при уровне их мирового производства 40 и 30 тыс. т в год соответственно. К настоящему времени во всем мире было добыто и сожжено около 162 млрд т угля и 64 млрд т нефти, в окружающую человека среду поступили многие миллионы тонн металлов, ранее не участвовавших в кругообороте веществ и изменивших химический состав объектов экосистемы.

Под воздействием человека на ОС подразумевают его антропогенную деятельность, т.е. связанную с реализацией его экономических, культурных, рекреационных интересов, что приводит к внесению в ОС биологических, химических и физических изменений, обычно загрязнений.

Состояние экологической и техногенной безопасности, противояварийной устойчивости промышленных предприятий, производств

и объектов повышенной опасности, несмотря на снижение объемов производства, продолжает ухудшаться, уровень аварийности возрастает, а хронические заболевания, отравления, техногенные аварии и катастрофы своими последствиями сегодня реально угрожают национальной безопасности России.

Век научно-технического прогресса, когда у человека появляется неограниченная возможность воздействия на окружающую его среду, неиспользование безотходных технологий приводит к изменению миграции веществ и энергии в биосфере, механизмов эволюционного процесса, структуры и функций живой материи. Этими вопросами ведает экология (греч. «экос» — дом и «логос» — наука). Экология — молодая наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и окружающей средой (ОС); размножение, развитие и выживание особей, структуру и динамику популяций и биоценозов.

В качестве критериев изменения материального состава ОС используются определенные параметры:

- ♦ объем производства загрязняющих продуктов;
- ♦ области применения вредных для ОС продуктов;
- ♦ распространение их в окружающей среде;
- ♦ устойчивость продуктов производства и способность их к разложению;
- ♦ превращения вредных веществ;
- ♦ их экотоксикологические свойства.

Знание объема производства и области применения его продуктов в природных средах позволяет оценить возможные изменения окружающей среды. Важное значение имеет характер применения: является ли он закрытым (контролируемым, когда есть возможности повторного использования или уничтожения данного химического продукта) или открытым (при наличии возможности свободного распространения продукта в ОС).

Термин «Распространение в ОС» применяется в основном к естественным природным процессам и определяется физико-химическими свойствами продуктов; физическими процессами, связанными с их переносом; биологическими процессами, принимающими участие в глобальных процессах круговорота веществ в природе; циклическими процессами в отдельных экосистемах. При неконтролируемом характере распространения наблюдается выход вредных веществ за пределы региона применения.

Важными стадиями подвижности и распространения продуктов производства в ОС является их перенос различными природными средами (вода, почва, воздух), накопление в организмах и растениях, перенос их различными формами жизни. Современные сложные математические модели, учитывающие молекулярную массу химических веществ, давление образующегося пара и растворимость в воде, позволяют с приемлемой точностью заблаговременно рассчитать концентрации вредных веществ в контролируемом регионе. Тенденция вещества выйти из той фазы, в которой оно находится, называют фугитивностью (летучестью), измеряемой в единицах давления (Па). Этот процесс осуществляется в результате диффузии. Обратный переход из атмосферы в воду (почву) называют сухим осаждением в воду или почву (это не равновесные, а динамические процессы).

Загрязнение водоемов может происходить как стекающими с зараженной поверхности почвы водами, так и зараженными подпочвенными водами. Для всех переходов химических продуктов через границу «почва — вода» важную роль играют процессы адсорбции (связывание молекул или атомов жидкой или газообразной фазы на поверхности твердых тел). Перенос растворенных веществ определяется функцией диффузии, конвекции и дисперсии веществ, а также их разложения абиотическими и биотическими реакциями.

Диффузия — физический процесс, в ходе которого молекулы, атомы или ионы в результате теплового движения перемещаются из области большей концентрации в меньшую. В пористом объеме почвы диффузия идет медленнее, чем в свободной жидкости.

Конвекция представляет собой принудительное перемещение растворенных веществ потоком воды. Она оценивается как произведение объемного потока воды (скорость фильтрации) и концентрации растворенных веществ.

Дисперсия — перераспределение (перемешивание) растворенных веществ в движущейся по порам воде, вызываемое неоднородностью скоростей потоков в каждом отдельно взятом объеме воды в поре.

Устойчивость (стабильность, стойкость) органических соединений в ОС определяется длительностью его пребывания в этой среде до своего химического превращения. Минерализация, т.е. разложение органических соединений до небольших неорганических молекул (CO , HCl , NH_3 и аналогичных), окончательно выводит их из окружающей среды. Этот процесс зависит от химической структуры, качественной и количественной способности и, особенно, от

физических условий ОС для разложения органических соединений. Почти всегда он осуществляется в почве определенной группой микроорганизмов, способных включать органические соединения в метаболические процессы, т.е. использовать их как источник углерода для питания.

Опыт многовекового существования человека показал, что вырубка лесов (санитара воздуха, «легких» планеты) является наиболее пагубным воздействием человека на лесные растительные сообщества. Увеличение производительности труда в этом деле привело к тому, что мощная техника сегодняшнего дня позволяет за несколько дней вырубить леса на площади в сотни гектаров. Так ведутся концентрированные промышленные рубки. А ведь лесные насаждения, окружающие населенные пункты, являются мощными фильтрами, уничтожают вредных микробов быстрее, чем чеснок, лук и перец.

В процессе производственной деятельности человека атмосфера подвергается изменениям:

- ♦ безвозвратное или временное изъятие некоторых газов;
- ♦ загрязнение газовыми примесями, изменяющими природную структуру атмосферного воздуха;
- ♦ загрязнение воздуха взвешенными частицами веществ;
- ♦ нагревание;
- ♦ пополнение воздуха газовыми элементами;
- ♦ самоочищение.

Энергетические затраты (энергоёмкость) на единицу конечной продукции в России в несколько раз больше аналогичного показателя Японии, Германии, США и т.д. (табл. 1.1). Конечно, Россия северная страна, и расход энергии должен быть выше, чем в более южных странах. Однако такой колоссальный разрыв в показателях энергоёмкости явно нельзя объяснить только географическим местоположением.

Характерна для российской экономики и картина расходования лесных ресурсов на производство бумаги в стране и ведущих лесных державах мира. Показатель природоёмкости здесь равен частному от деления количества вывезенной древесины на объем производства бумаги и картона. По затратам лесных ресурсов на 1 т бумаги Россия превосходит развитые страны в 4–6 раз (табл. 1.2), т.е. для выпуска единицы бумажной продукции и картона необходимо срубить в несколько раз больше леса, чем это требуется по современным технологиям.

Таблица 1.1

Эффективность использования энергетических ресурсов
(мегаджоули/млрд долл. ВВП)

Страна	Эффективность	Россия
Япония	5,5	10,9
Германия	8,1	6,8
Англия	10,0	6,0
Южная Корея	14,8	4,1
США	15,2	4,0
Бразилия	18,8	3,2
Индия	38,0	1,6
Россия	60,1	1,0

Процесс роста городов, городского населения, широкого распространения городского образа жизни называется урбанизацией (лат. *urbos* — город). Урбанизация подавляет естественную природную среду как с количественной («захват» городами и агломерация новых территорий), так и с качественной (ухудшение состояния окружающей среды) стороны.

Промышленная революция явилась основным ускорителем процесса урбанизации (табл. 1.3) — одного из наиболее ярких феноменов современности. Урбанизированные территории занимают немногим более 1% площади земной суши, но концентрируют свыше 45% всего населения Земли, производят до 80% внутреннего валового продукта (ВВП). При этом они дают более 80% всех выбросов в атмосферу и гидросферу.

Таблица 1.2

Количество вывезенной древесины (м³)
в расчете на 1 т производства бумаги и картона

Страна	Количество вывезенной древесины, м³
Россия	32
США	7
Финляндия	5
Швеция	6

Таблица 1.3

«Динамика урбанизации жизни (по В. П. Максаковскому)

Годы	Городское население, млн чел.	Доля в населении мира, %
1800	29	3
1850	81	6
1900	220	14
1950	730	29
1960	1027	33
1970	1381	37
1980	1822	41
1990	2276	45
2000	3190	51

Быт человека и производство (сельскохозяйственное, промышленное, техногенное), в отличие от природного, построены на отходной технологии. Существование человека неизбежно связано с образованием отходов. Отходы — это все вещества или предметы, от которых стремится избавиться их владелец по собственной воле или требованиям властей. Удаление отходов предполагает их сбор, сортировку, транспортировку, переработку, обработку, складирование и обеспечение безопасного хранения.

В настоящее время на каждого жителя планеты приходится в среднем около 1 т мусора в год, и это не считая миллионов изношенных и разбитых автомобилей, их составных частей. Если весь накапливающийся за год мусор не уничтожать и не перерабатывать, а сыпать в одну кучу, то образовалась бы гора высотой с Эльбрус — высочайшую горную вершину Европы.

Вещества, образующиеся при разложении городских отходов, загрязняют атмосферный воздух. Дождевая вода вымывает ядовитые вещества разложившихся отходов, что приводит к загрязнению и заражению открытых водоемов и грунтовых вод. Наибольшее распространение получили три способа ликвидации мусора (табл. 1.4): устройство специально оборудованных свалок; компостирование мусора; утилизация на мусороперерабатывающих заводах.

На территории России сегодня действует семь мусоросжигательных заводов, которые перерабатывают около 3% твердых бытовых отходов, а 9% вывозится из городов на более чем 1000 полигонов бытовых отходов. Остальная масса отходов поступает на свалки. В Санкт-Петербурге работает два мусоросжигательных завода. Одно

Таблица 1.4

Сравнительная характеристика способов ликвидации мусора

Способ ликвидации мусора	Стоимость утилизации 1 т мусора, долл.	Степень снижения массы мусора, %	Возможность повторного использования мусора
Специально оборудованная свалка	35	30	Нет
Компостирование мусора	До 70	50	Как удобрение
Мусоропереработка	До 70	90	Для получения энергии

из направлений решения проблемы отходов — их первоначальная грамотно организованная сортировка.

К особо опасным для окружающей среды и здоровья людей отходам (спецотходам) отнесено около 600 веществ и соединений. В их число входят:

- ♦ пестициды, содержащиеся главным образом в отходах производства химических средств защиты растений;
- ♦ радиоактивные отходы, образующиеся на ПЯТЦ и на предприятиях, использующих радионуклиды;
- ♦ ртуть и ее соединения, ртутные термометры;
- ♦ мышьяк и его соединения, содержащиеся в отходах металлургических производств и тепловых электростанций;
- ♦ соединения свинца, встречающиеся особенно часто в отходах нефтеперерабатывающей и лакокрасочной промышленности;
- ♦ элементы электропитания;
- ♦ неиспользованные медикаменты, остатки химических средств защиты растений (ядохимикаты), красок, лаков, антикоррозионных средств и клеев, косметики;
- ♦ остатки средств бытовой химии (средства для чистки, дезодоранты, пятновыводители, аэрозоли, средства ухода).

Большую часть спецотходов приходится хранить на поверхности земли, соблюдая строгие меры предосторожности (на водонепроницаемой платформе толщиной до 3 м, все стоки и грунтовые воды постоянно контролируются).

Таблица 1.5

Ежегодное потребление ресурсов и выбросов современного крупного города

Потребление ресурсов		Выбросы в окружающую среду	
Наименование	Количество, млн т	Наименование	Количество, млн т
Вода	625	Сточные воды	500
Пища	2	Твердые отходы	2
Уголь	4	Газовые выбросы	0,8
Нефть	2,8	(SO ₂ , NO _x , CO ₂ , углеводороды)	
Газ	2,7		
Топливо	1		

Данные табл. 1.5 позволяют проанализировать примерное соотношение ежегодного потребления ресурсов и выбросов современного крупного города с населением в 1 млн человек.

Основные виды отходов, их краткая характеристика, принципы классификации отходов. Отходы могут быть бытовыми, промышленными, при добыче полезных ископаемых. По фазовому состоянию их делят на жидкие, твердые или смесь твердой, жидкой и газовой фаз (выброс газов в атмосферу через трубы считается эмиссией производства, а не отходами). Но для снижения эмиссии газов в атмосферу используют различные физико-химические технологические процессы для превращения их в твердые или жидкие отходы (осадки в фильтрах, продукты реакций или сгорания).

Современный мир из недр Земли ежегодно извлекает до 100 млрд т руды, стройматериалов, топлива (4 млрд т нефти и газа, 2 млрд т угля), рассеивает до 92 млн т минеральных удобрений и 2 млн т ядохимикатов. В атмосферу выбрасывается более 200 млн т оксида углерода, 53 млн т оксидов азота, 50 млн т углеводородов, 146 млн т диоксида серы, 250 млн т пыли. В водоемы сбрасывается ежегодно 32 млрд м³ неочищенных вод, а в мировой океан — до 10 млн т нефти. Порядка 7 млн га почвы каждый год становится непригодными для земледелия. В России до 50 млн га сельскохозяйственных земель засолены, заболочены или подтоплены грунтовыми водами. Многие изменения окружающей среды становятся необратимыми.

✓ Твердые бытовые отходы (ТБО) весьма разнородны по составу: пищевые остатки, бумага, металлолом, резина, стекло, древесина, ткань, синтетические вещества. Опасные отходы сельского хозяйства, не обустроенные скотомогильники животных, погибших в пе-

риод эпидемий, остатки ядохимикатов, навозохранилища вносят существенный вклад в загрязнение ОС.

При эксплуатации ТЭЦ и подготовке теплотрасс к отопительному сезону образуются кислые обмывочные воды мазутных котлов, хлоридно-натриевые стоки, токсичные шламы, содержащие тяжелые металлы, в частности ванадий. При переработке руд цветных, редких, благородных и черных металлов образуются отходы самого разнообразного содержания и свойств. При производстве пестицидов имеет место появление термодинамически устойчивых, хорошо растворимых в воде и накапливающихся в организме веществ. Наиболее распространенным компонентом жидких отходов являются нефтепродукты.

Добыча твердых полезных ископаемых (уголь, горючие сланцы, соли, руды, гипс) приводит к разрушению сложившихся веками гидродинамических и геохимических условий, складированию огромных масс горных пород (терриконы, отвалы), содержащих многие токсичные химические элементы и соединения. На некоторых шахтах Донбасса добыча 1000 т угля сопровождается подъемом на-гора более 800 т породы, в которой содержатся органические вещества и сульфиды, образуются кислотные поверхностные водотоки. При окислении на поверхности происходит их самовозгорание. При добыче некоторых металлов широко применяется метод подземного выщелачивания, при котором твердые рудные концентрации растворяют специальными реагентами. Остатки таких реагентов становятся отходами, что может повлиять на качество вод в артезианских бассейнах.

Конечный продукт многих технологических процессов используется человеком нерационально (часто в отходы выбрасывается более 90% основного продукта). Происходит накопление в ОС инертных (неусвояемых) или вредных веществ.

Различают две основные проблемы охраны природы глобального масштаба, от решения которых зависит дальнейшее развитие цивилизации.

1. Охрана от истощения природных ресурсов, необходимых для существования общества (проблема обеспечения возможности непрерывного получения необходимого количества биомассы полезных растений и животных). Проблему можно решить рациональным и экономным природопользованием (пассивная охрана) или развитием производительных сил самой природы, восстановлением и умножением необходимых естественных ресурсов, т.е. преобразованием природы (активная охрана).

2. Охрана от загрязнений отбросами производства самой ОС, т.е. сохранение ее качеств в установившемся первозданном виде, удовлетворяющем потребности материальные, здоровья, эстетики и отдыха людей.

Среди естественных ресурсов, необходимых для общества, можно выделить группы:

- ♦ сырьевые ресурсы для производственной деятельности;
- ♦ энергетические ресурсы, необходимые для производства, транспорта и бытовых нужд (например, рост потребления нефти удваивается за каждые 20 лет);
- ♦ пищевые ресурсы (потребность в пище растет прямо пропорционально увеличению численности населения, темпы роста которого огромны и с каждым годом возрастают).

Отходы — один из важнейших факторов антропогенного загрязнения. В России эксплуатируется более 300 тыс. км газопроводов, 40 тыс. км нефтепроводов, 25 тыс. км продуктопроводов, на которых ежегодно происходит до 50 тыс. аварий. Срок службы трубопровода в среднем 20 лет, но на 1999 г. из них находилось в эксплуатации со сроком службы 39 лет — 12%, более 20 лет — 34%, а требовали ремонта 35 тыс. км и вывода из эксплуатации 8 тыс. км трубопроводов. В стране ежегодно происходит до 700 разрывов нефте- и газопроводов с выливом миллионов тонн нефти.

До сих пор взрывчатые вещества и средства воспламенения, смеси ракетные топлива сжигаются (поджигаются) на открытых площадках без использования средств очищения образующихся вредных веществ, в частности таких, как гремучая ртуть, азид свинца, тринитрорезорцинат свинца, тетразен (взрыватели). Не меньше вреда ОС приносят непрерывные военные конфликты и «умиротворения» последнего времени.

Безопасность продуктов питания и продовольственного сырья относят к основным факторам, определяющим здоровье человека. Экологически чистые и безопасные для здоровья человека считаются продукты, не содержащие токсичных веществ, не обладающие канцерогенными, мутагенными или иными неблагоприятными воздействиями на живой организм. Результатом невыполнения этого требования становятся негативные тенденции в состоянии здоровья населения: сокращение продолжительности жизни, возрастание заболеваемости и смертности, учащение случаев появления неполноценного и (или) нежизнеспособного потомства.

Нельзя сбрасывать со счетов процесс поглощения и усвоения веществ живыми организмами. Состояние насыщения (равновесное состояние) в процессе усвоения достигается, если поступление вредных веществ в организм и их выведение из него происходит с одинаковой скоростью, а установившаяся в организме при этом концентрация продукта называется концентрацией насыщения. Если она выше, чем концентрация в окружающей среде или продуктах питания, то происходит аккумуляция (накопление) химических продуктов в живом организме.

Характер аккумуляции зависит от вида организма. Так, для водных организмов (например, рачков) биоаккумуляция представлена в табл. 1.6.

В водных средах обычно не выявляется экологическое обогащение в различных звеньях питания, за исключением конечного звена в цепи питания (например, у хищных рыб обнаруживаются более высокие концентрации некоторых вредных веществ). У наземных организмов также по-разному происходит аккумуляция химических ве-

Таблица 1.6

**Содержание некоторых химических элементов
в морской воде и в теле рачка (мас. %)**

Химические элементы	Морская вода, мас. %	Рачки, мас. %	Коэффициент обогащения
Кислород	85,966	79,99	0,93
Водород	10,726	10,21	0,95
Хлор	1,935	1,05	0,54
Натрий	1,075	0,54	0,5
Магний	0,13	0,03	0,23
Сера	0,09	0,14	1,6
Кальций	0,042	0,04	1
Калий	0,039	0,29	7,4
Углерод	0,003	6,1	2000
Азот	0,001	1,52	1500
Фосфор	<0,0001	0,13	20 000
Железо	<0,0001	0,007	1500

Примечание. Коэффициент обогащения (аккумуляции) определяет отношение концентрации вещества в организме к концентрации того же вещества в ОС или пище. Если он ниже 1, то происходит абiotическое накопление данного вещества в ОС; а если более 1, — в живом организме (наибольшее обогащение рачков наблюдается по фосфору).

шеств. Например, у дождевых червей наблюдается слабое обогащение организма химикатами, что зависит от наличия почвенных растворов, физико-химических свойств веществ, типа почвы и окружающей среды. У высших наземных животных (особенно диких) такие закономерности проследить точно не представляется возможным из-за отсутствия достоверных данных об их питании.

В понятие ОС входят различные факторы живой (биотические факторы) и неживой (абиотические факторы) природы, с которыми взаимодействуют организмы. Окружающая природная среда прямо или косвенно влияет на состояние, развитие и рост организма, его выживаемость и размножение. При этом ряд факторов среды крайне необходим для него (кислород, вода, пища, витамины, некоторые минеральные вещества). Все разнообразие факторов можно разделить на группы: абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы ОС — это комплекс условий неорганической среды, влияющий на жизнедеятельность организма. Они могут быть химическими (пресность воды, состав атмосферы, почвы, отложений) или физическими (температура, давление, ветер, влажность, радиация).

К биотическим факторам относят совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на другие (растения — корм для животных, животные — пища для хищников). Растения определяют численность и тип животных, питающихся ими, а хищники — численность этих животных и наоборот. Они действуют как непосредственно, так и косвенно (через ОС: например, влияние микроорганизмов на состав почвы). Взаимоотношения организмов определяются и в химическом воздействии их друг на друга. Выделяемые растениями (колины, фитонциды) или микроорганизмами (антибиотики) вещества оказывают либо угнетающее, либо стимулирующее действие на различные организмы. Отметим ряд типов биотических отношений:

- ♦ конкуренция — межвидовые взаимоотношения, при которых популяции в борьбе за пищу (место обитания) ведут борьбу друг с другом и в результате два вида, незначительно различающиеся спецификой питания, поведением, образом жизни, редко сожительства в одном обществе;

- ♦ хищничество является формой межвидовых отношений, при которой один вид живет за счет другого — это важный фактор естественного отбора, так как жертвы и хищники активно участвуют в совершенствовании друг друга;

- ♦ паразитизм обеспечивает жизнь одного организма (паразита) за счет другого (хозяина) — это пример сожительства;

♦ симбиоз — обоюдовыгодное сожительство разных видов;
♦ зоохория является одной из форм межвидовых взаимоотношений (например, животные распространяют семена или споры растений);

♦ аллелопатия — взаимодействие организмов посредством специфически действующих химических продуктов обмена веществ.

Антропогенные факторы — это совокупность воздействия деятельности человека (в основном производственной) на органический мир, что приводит к изменению рельефа, химического состава ОС, климата региона (планеты), перераспределению пресной воды. В результате происходит исчезновение биogeоценозов, появление искусственных агробиogeоценозов, уничтожение вредных для человека видов растений и животных, возделывание культурных растений.

Условием существования организма является наличие в ОС комплекса определенных элементов. Адаптация организма к существованию в изменяющихся условиях вырабатывалась в течение длительного периода жизни его предшественников в данной географической зоне и в конкретной группировке растений и животных. Вмешательство человека приводит к уменьшению численности редких растений на десятки видов за год, не меньший вред причиняется охотничье-промысловой фауне, дарам морей, лесов и водоемов (лесные пожары, браконьеры, обмеление водоемов и ухудшение их санитарного состояния).

Экологи пришли к выводу, что условия ОС осваиваются организмами на уровне биологических макросистем: популяций, биоценозов, биogeоценозов.

Основными формами существования видов животных, растений и микроорганизмов в ОС являются популяции (внутривидовые группировки) или биоценозы (многовидовые сообщества).

Биogeоценозы (экосистемы), как и входящие в них организмы и популяции, устойчивы. Их стабильность создается и регулируется взаимодействием при круговороте вещества и потоках энергии.

Энергия экосистем — это питание организма, которое образуется из звеньев:

♦ производители (продуценты) — это зеленые растения, которые в процессе фотосинтеза создают органическое вещество — первичную биологическую продукцию, аккумулируют энергию;

♦ потребители (консументы), питающиеся растениями или другими гетеротрофами (это фитофаги, плотоядные животные и хищники);

♦ редуценты (деструкторы), разрушающие органические вещества (микроорганизмы, грибки).

Между этими звеньями осуществляется передача вещества и энергии, происходят их потери (на дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела). Важное значение для сохранения жизни на земле имеет такой мощный источник энергии как солнце. Растениями используется не более 0,2% солнечной энергии, передающейся земле (до 30% энергии солнца рассеивается в атмосфере, 20% поглощается облаками и до 50% расходуется на обеспечение теплового режима).

Ученых все больше начинают беспокоить виды энергии, существенно влияющие на естественные процессы, протекающие в живых организмах. Различные виды и отдельные организмы имеют некоторый диапазон терпимости (толерантности) по отношению к изменениям химических и (или) физических факторов окружающей среды (температура, геомагнитные колебания, свет, солнечная активность, влажность). Диапазон толерантности определяет допустимое колебание факторов, обеспечивающих существование популяции, когда уровень одного или нескольких физических или химических факторов может выйти за пределы диапазона толерантности различных видов организмов. Особи, ослабленные болезнями, обычно более подвержены стрессам, чем здоровые организмы, а уровни толерантности видов животных намного ниже в молодом возрасте (защитные силы организма еще недостаточно развиты), чем у взрослых особей. Адаптация к медленному изменению условий (акклиматизация) может оказаться не только полезной, но иногда и опасной. С каждым следующим изменением организм приближается к предельному уровню толерантности и достижение порогового эффекта (т.е. очередное небольшое изменение факторов может оказаться критическим) может повлечь за собой болезненную реакцию, снижение продуктивности или фатальный исход. Фактор, тормозящий рост популяции видов в экосистеме, называют лимитирующим. Для наземных экосистем таким фактором может оказаться наличие воды, воздуха, температура, интенсивность солнечной энергии.

Быстрое увеличение населения Земли, неукротимый рост промышленности, развитие транспорта и энергетики, интенсификация сельского хозяйства и ряд других антропогенных факторов привели к резкому усилению воздействия человека на природные процессы и разрушению сложившихся экосистем. В искусственно создаваемых неустойчивых сообществах (агробиоценозах), занимающих огром-

ные регионы и постоянно зависящих от деятельности человека, возникают новые взаимоотношения между растениями (в том числе культурными), вредителями сельскохозяйственных культур и сорняками.

Значительная угроза окружающей среде может исходить от ракетно-космических систем (РКС). При их эксплуатации подвергаются вредному воздействию поверхность земли, водоемы, атмосфера, ее озоновый слой, околоземное космическое пространство. Не исключено воздействие космических запусков на зарождение разного рода вихрей, смерчей и прочих стихийных явлений. К основным факторам отрицательного воздействия РКС в районах падения обломков космической техники можно отнести:

- ♦ загрязнение почвы, поверхностных и грунтовых вод, атмосферы высокотоксичными компонентами ракетных топлив (особенно гептила);
- ♦ поступление вредных веществ, попавших в атмосферу при эксплуатации РКС, в растительный и животный мир;
- ♦ засорение значительных территорий обломками конструкций ракетно-космической техники;
- ♦ механические повреждения почвы, растительности, строений, провоцирование пожаров.

В настоящее время в космическом пространстве вращается 58 объектов с радиоизотопными термоэлектрическими генераторами и ядерными энергетическими установками. Опасность от таких объектов, запущенных США, значительно выше, чем российских, так как их генераторы используют радиоизотопы плутония. Разрушение таких генераторов из-за столкновения с многочисленными объектами из состава космического мусора не исключает вход в плотные слои атмосферы этого опасного элемента с тяжелыми экологическими последствиями.

Нельзя сбрасывать со счетов возможность радиоактивного загрязнения окружающей среды от урановой промышленности (добыча, переработка, «обогащение» урана, приготовление ядерного горючего), ядерных реакторов (при авариях на них), радиохимической промышленности, мест захоронения радиоактивных отходов (РАО), использования радионуклидов в экономике и медицине, испытания ядерного оружия. После практически каждого этапа ядерной энергетики остаются горы смертоносного праха, жидких или твердых отходов. В реакторах на каждые 100 МВт электрической мощности

ежегодно накапливается до 160 МКи радиоактивных веществ, в том числе 20 МКи йода, 12 МКи инертных газов, 0,2 МКи стронция-90. Жидкие и твердые радиоактивные отходы локализуются в сравнительно небольших объемах, чего нельзя сказать о радиоактивных выбросах в атмосферу и рассеивающихся в ней. Наступает время, когда необходимо решать проблему демонтажа высокорadioактивного оборудования первого контура АЭС и самого реактора, срок эксплуатации которых заканчивается. Для этого должны быть разработаны и испытаны дистанционно-управляемые комплексы (ДУК), обеспечивающие экологическую безопасность и представляющие сложную систему с различной степенью взаимодействия входящих в нее систем и подсистем.

Установлено, что в некоторых регионах наблюдается дефицит йода, например в Брянской, Орловской, Тульской и Калужской областях, что особенно опасно при появлении в этих регионах радиоактивных изотопов йода, который накапливается в щитовидной железе. Дефицит йода в организме может вызвать рак, мертворожденность, выкидыши, зоб из-за расстройства функций щитовидной железы. По данным Научного центра охраны здоровья детей и подростков, в Москве из-за дефицита йода более трети младенцев уже на первом году жизни отстают в физическом развитии и имеют аномалии в телосложении, а $2/3$ детей приобретают нарушения в мозговой деятельности еще в утробе матери.

Все эти работы, эксплуатация ядерных реакторов разных типов, а также наземные испытания ядерного оружия уже значительно увеличили радиационный фон планеты. Тяжелым ударом для всего живого стала катастрофа на ЧАЭС: уже через год можно было увидеть ее результаты (табл. 1.7).

По данным Госкомсанэпиднадзора России, основные дозы облучения населения территорий в 2001 г. приходятся на природные источники ионизирующего излучения, особенно радон, который поступает из почвы и стройматериалов в помещения, где и накапливается. Выполненные в разных регионах измерения указывают на актуальность опасности такой проблемы.

Наиболее высокие уровни фонового облучения людей отмечают в Алтайском и Ставропольском краях, Читинской, Челябинской и Тульской областях, Санкт-Петербурге. Жители в некоторых домах получают только от радона эффективные дозы до сотни мЗв/год. Высокие уровни эквивалентной равновесной объемной активности радона обнаруживаются на большинстве шахт Ставропольского края (до 5000 Бк/м³), Карелии (до 2500 Бк/м³), Белгородской области

Таблица 1.7

Число умерших (на 100 тыс. чел.) среди населения (1987 г.)

Возраст, пол		Россия	Украина	Белоруссия	США
Болезни системы кровообращения					
25-34	м	33,6	28,4	35,1	14,5
	ж	10	10,1	10,5	8,4
35-44	м	143,1	123,5	151,9	65,4
	ж	25,6	36,2	39,1	25
45-54	м	445,3	380,5	433,9	245,5
	ж	141,7	136,5	142,7	93,5
55-64	м	1193	1071,8	1047,9	691,6
	ж	541,9	549,2	525	300,3
65-74	м	3304,4	3193,4	3069	1668
	ж	1196,4	2109	1939	895,7
Злокачественные новообразования					
25-34	м	17,2	19,9	17,8	12,1
	ж	19,3	22	18,7	12,7
35-44	м	73,9	80,4	75,3	39,1
	ж	59,6	63,9	60	47,8
45-54	м	312,7	302,4	304,1	169,1
	ж	155,9	159	144,1	159,7
55-64	м	841,6	755,2	702,9	528,4
	ж	334,1	321,6	308,4	374,6
65-74	м	1409	1196,4	1072,9	1084
	ж	582,3	514,2	497,2	652,5

(до 80 000 Бк/м³), Кемеровской области (до 1000 Бк/м³), что приводит к существенному переоблучению работающего персонала. Анализ проведенных замеров показывает, что более 1 млн жителей России только от радона получают эффективные дозы свыше 20 мЗв/год.

К такому радиационному фону вносят существенную добавку последствия Чернобыльской катастрофы. Население ряда районов Брянской, Тульской, Калужской, Орловской областей подвергается внутреннему и внешнему облучению долгоживущими радионуклидами, выброшенными из жерла АЭС (цезий-137, стронций-90, изотопы урана и плутония, америций-241). В целом по России загрязнение с активностью выше 1 Ки/км² от этой катастрофы составляет 57 650 км², т.е. до 2% европейской части страны. В ряде мест отмечались превышения содержания радионуклидов в продуктах питания в

основном частного сектора (молочные, мясо, дары леса). Например, в 1994 г. таких продуктов было в Брянской области 1,6%, в Калужской — 0,9%. Зафиксировано превышение содержания радионуклидов в организме населения некоторых местностей Брянской области сверх допустимых пределов.

Причиной избыточного облучения населения Уральского региона являются практически те же, указанные выше, радионуклиды, попавшие в ОС в результате несовершенства технологий, сбросов радиоактивных отходов (РАО) в водоемы и реки, взрыва в хранилище РАО, газообразные выбросы первых лет атомной эры и испытания ядерного оружия в атмосфере. Гамма-загрязнение некоторых территорий достигает 400 мкр/ч (радиационный фон местности составляет 10–20 мкр/ч). Запасы РАО в этом регионе не уменьшаются, хранилища близки к полной загрузке (1 млрд Ки), что продолжает оставаться потенциальным источником радиоактивного загрязнения прилегающих территорий. В 1994 г. реконструированы дозы облучения населения Алтайского края от ядерных испытательных взрывов на Семипалатинском полигоне 1949–1962 гг.

В настоящее время мы стали свидетелями опасности однополярного мира, когда сильные страны защищают свои интересы любым способом, в том числе выбивая конкурентов в производстве сельскохозяйственной продукции и уничтожая свои огромные запасы устаревшего оружия на чужой территории. Уже сейчас ясно, что победа стран НАТО над Югославией привела к серьезнейшим последствиям, непосредственно угрожающим населению Юго-Восточной и Центральной Европы. Активность использованных здесь боеприпасов с сердечниками из обедненного урана превосходит в несколько раз активность продуктов сброшенных на Японию атомных бомб.

Уничтожение нефтеперерабатывающих заводов и нефтехранилищ нанесло непоправимый ущерб экосистеме Европы, а ведь эти страны проявляют огромные усилия в создании экологически чистых автомобильных двигателей. Это выглядит тоже как фарс! Уничтоженные НАТО склады ГСМ на берегу Дуная привели к появлению в реке огромного нефтяного пятна длиной 14 км и шириной 400 м. Местные крестьяне уже отказались от полива дунайской водой. После разрушения завода, производящего аммиак, в радиусе 5 км продолжительное время концентрация аммиака в атмосфере превышала 100 ПДК, а максимальное время защиты ни одним из противогазов не превышает 90 мин. Не меньше вреда принесло разрушение химической фабрики в районе г. Барич. Практически стерта с лица земли промышленная зона пригорода Белграда (нефтеперерабатывающие и

химические производства): и опять нефтепродукты, в том числе и из нефтепроводов, оказались в Дунае. Кислотные дожди выпали не только в Югославии, но и в соседних с ней странах Европы, что привело к загрязнению урожаев сельхозкультур в течение еще нескольких лет. Разрушение элементов инфраструктуры (канализации, водоснабжения, предприятий фармацевтической промышленности, пищевых и кормовых добавок) привело к появлению и продуцированию в атмосфере биологически активных агентов до концентраций, сравнимых с применением биологического оружия. Возникающие при этом эпидемии при неблагоприятных экологических условиях могут привести к пандемии. И это произошло, когда еще не ликвидированы последствия аналогичных действий НАТО в Ираке. Такие химические поражения, сравнимые с применением химического оружия, и сопутствующие последующие эффекты неизбежно ведут к мутациям флоры и фауны, снижению иммунитета у населения (мутации, аллергии, расширение групп риска), раковым заболеваниям, поражениям внутренних органов (в первую очередь печени). Положение усугубляет разрушение ряда исследовательских и медицинских центров Югославии, применявших радиоактивные изотопы. Последствия от использования боезапасов с урановыми сердечниками, этих микро-Чернобылей, будет сказываться 50—100 лет. Регенерация почв и водоемов после такого химического поражения даже при интенсивной рекультивации займет десятки лет.

Дополнительным неблагоприятным экологическим фактором является снижение прозрачности атмосферы за счет дымов и аэрозолей, приводящее к нарушению теплового баланса огромных территорий, нарушению установившихся климатических циклов, что также соизмеримо с ведением климатических войн. Такую войну США вели во Вьетнаме более 30 лет назад, и до настоящего времени регенерация биосферы в Индокитае еще не произошла.

Одной из важнейших экологических проблем современного мира является загрязнение водных бассейнов. По оценкам специалистов вода в 75% водоемов России непригодна для питья (каждая пятая проба не отвечает нормам по ПДК, а каждая восьмая — по бактериологическим нормам). Основной причиной этого остаются недостаточные мощности и технологические возможности очистных сооружений.

В реальных условиях в коммунальные очистные сооружения происходит сброс большого количества самых разных продуктов от многих объектов экономики, что приводит к накоплению значительного количества различных химических веществ, соединений, продуктов

их реакций (превращений, резко отличающихся от исходных продуктов по токсичности). Например, в Санкт-Петербурге образуется ежегодно более 5 млн м³ бытового и промышленного мусора, 90% которого перерабатывается на полигонах и в цехах опытного завода МПБО. Но в настоящее время полигоны переполнены, а завод требует реконструкции. Принятие страной западной моды на одноразовую упаковку товаров, посуду, пакеты (их делают из полиэтилена, полипропилена и полистирола) резко увеличило объем бытовых отходов (а Запад начал перенимать наш «плохой» опыт применения стеклянной тары многоразового использования). Плотный черный дым от их тления содержит канцерогенные вещества ПАУ (полиароматические углеводороды, например, бензопирен). При сжигании резины, кроме ПАУ, образуются канцерогенная сажа и окислы серы, вызывающие респираторные заболевания. При горении нейлона, поролонa, многих синтетических тканей и покрытий, полиуретановой обивки мебели выделяются цианиды (соли синильной кислоты). Игрушки, старые фломастеры, крышки от ПЭТ-бутылок, выполненные из ПВХ-пластика, при сгорании образуют более 75 потенциально токсичных веществ (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Некоторые города РФ с наибольшим объемом выбросов

Город (1996 г.)	Вода, млн м ³	Город (1996 г.)	Воздух, тыс. т
Москва	2367	Норильск	1946
С.-Петербург	1519	Новокузнецк	540
Ангарск	529	Череповец	438
Красноярск	416	Липецк	401
Самара	408	Магнитогорск	397
Н.Новгород	355	Омск	353
Братск	326	Асбест	297
Новосибирск	316	Ангарск	289
Омск	286	Воркута	281
Челябинск	273	Орск	256
Владивосток	262	Челябинск	255
Ярославль	253	Уфа	220
Казань	247	Москва	219
Екатеринбург	237	Красноярск	190
Саратов	225	Новотроицк	168
Уфа	220	Мончегорск	158
Воронеж	216	Новосибирск	158

Способы переработки отходов. К настоящему времени разработано достаточное количество способов переработки отходов. Методы очистки (обеззараживания, обезвреживания) отходов применяются с давних пор.

1. С помощью различных остроумных решений осажженный ил удаляется из отстойников и складывается на специальных полигонах или свалках.
 2. Очистка с помощью полей орошения, т.е. спуск сточных вод на специально подготовленные поля, где они просачиваются через песчаный грунт, отфильтровываются и осветляются.
 3. Химическая очистка сточных вод с помощью разного рода осветлителей (известняк, соли железа и алюминия).
 4. После открытия возможности эффективного использования биологического («живого») ила началась разработка современных технологий, основанных на возврате биологического ила в новую порцию сточных вод, а не полное удаление его из процесса.
 5. Применение физико-химических методов очистки промышленных сточных вод от конкретных удаляемых веществ:
 - 5.1. Нейтрализация опасных компонентов.
 - 5.2. Их флокуляция и осаждение.
 - 5.3. Умягчение сточных вод.
 - 5.4. Механическая очистка (скребками) и перегонка.
 - 5.5. Адсорбция, ионный обмен, экстракция.
 - 5.6. Обратный осмос и ультрафильтрация.
 - 5.7. Удаление аммиака:
 - а) биологическими методами (нитрификация);
 - б) физико-химическими методами (очистка, ионный обмен, обратный осмос, отгонка с паром).
 - 5.8. Окислительная очистка сточных вод:
 - а) сжиганием;
 - б) при влажном окислении:
 - $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ (реагент Фентона);
 - O_3 (озонирование).
- Основными направлениями переработки **осадков** сточных вод, донных илов и загрязненных почв к настоящему времени являются:
1. Биологическая обработка осадков и обработка окислением:
 - 1.1. Сбраживание осадков в метантенках.
 - 1.2. Аэробная стабилизация осадков.

2. Обезвоживание, сушка и сгущение осадков; использование химических реагентов и дополнительных присадочных материалов в этом виде обработки:

2.1. Обезвоживание, сушка и сгущение осадков.

2.2. Использование химических реагентов.

2.3. Использование дополнительных присадочных материалов.

3. Специальные способы обработки осадков:

3.1. Термическая обработка осадков.

3.2. Замораживание осадков.

3.3. Пиролиз осадков.

Технологические схемы очистки сточных вод обеспечивают ускорение разложения устойчивых органических соединений под воздействием микроорганизмов. Поскольку открытые бассейны с биологическим илом (к тому же это источник неприятных запахов) занимают огромные площади, то часто их заменяют вертикальными конструкциями типа башен (резкое уменьшение занимаемой площади, возможность изоляции неприятных запахов, эффективней используется кислород). Замкнутая система обеспечивает более высокую рабочую температуру, что повышает скорость протекания реакций. Биологическая очистка сточных вод возможна только после их разбавления до определенной концентрации (токсичности). На основании модельных исследований выявлено, что ряд органических соединений, а также токсичные соединения тяжелых металлов не разлагаются биологическими методами очистки сточных вод, т.е. они накапливаются в биологическом иле.

Физико-химические методы (рис. 1.2) очистки промышленных сточных вод от конкретных веществ дороже и эффективнее методов коммунальной очистки (рис. 1.3).

Способами удаления ила могут быть закладка в отвалы, термическая обработка (сжигание, пиролиз), внесение в почвы сельскохозяйственного назначения (после обеззараживания ила) или его неиспользование.

Для сгущения и уплотнения взвеси в стоках наиболее простым способом является отстаивание.

Оказалось, что соединения железа, алюминия, хрома, меди, щелочь, имеющиеся в составе промышленных сточных вод, способствуют интенсификации осаждения и обезвоживания осадков, а химический состав, структура частиц, их дисперсность и влагосодержание осадка определяют в значительной мере скорость процесса

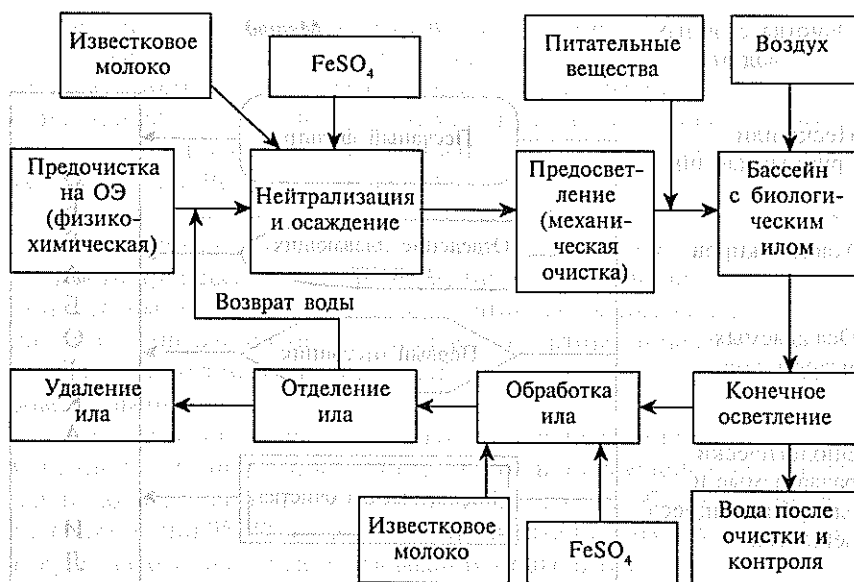


Рис. 1.2. Вариант схемы очистки промышленных сточных вод (предварительная физико-химическая очистка на объекте экономики и биологическая на очистных сооружениях).

(чем больше пористость осадка и его влагосодержание, тем меньше скорость осаждения).

Для ускорения процессов осаждения применяются высокомолекулярные флокулянты. Коллоидные частицы суспензии осадка имеют отрицательный заряд, т.е. силы электростатического отталкивания препятствуют коагуляции (свертыванию, затвердеванию, разделению коллоидного раствора на две фазы). В качестве примера высокомолекулярных флокулянтов наиболее широко применяют полиакриламид (ПАА), который способен увеличить скорость осаждения в 20–40 раз.

В ряде случаев целесообразно применять магнитную или электрическую обработку суспензии с целью концентрирования в растворе твердых взвесей для обеспечения улучшения эффективности действия осветлителей.

Эффективным методом доочистки воды может стать озонирование. Метод позволяет эффективно воздействовать на большое количество загрязнителей естественного и искусственного происхождения с одновременным обеззараживанием воды. К свойствам озона можно отнести:

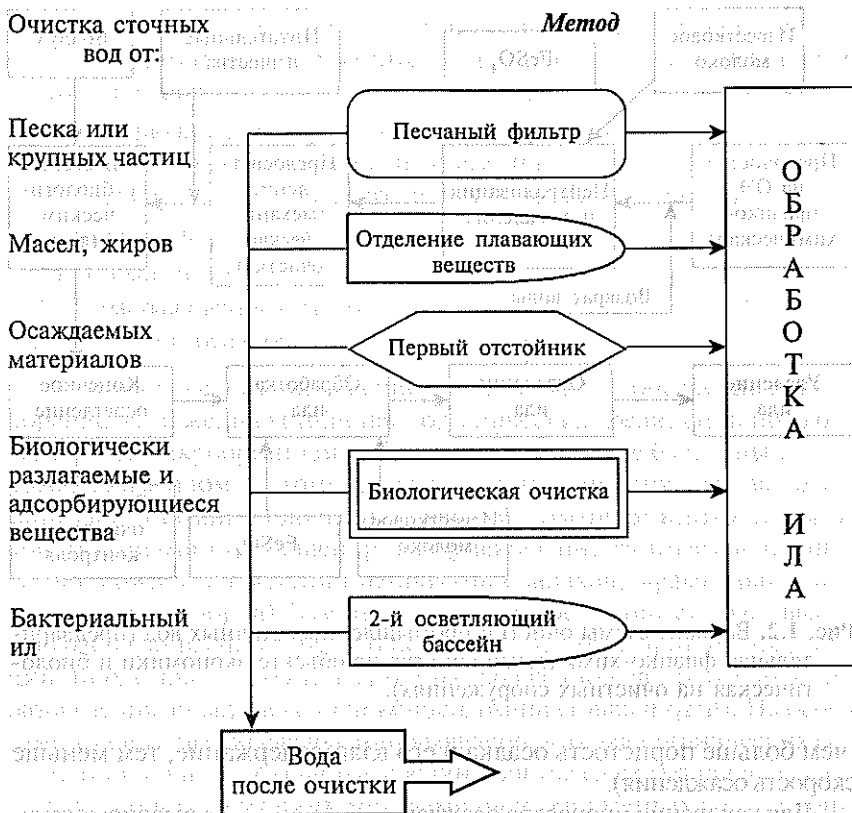


Рис. 1.3. Вариант технологической схемы очистки коммунальных сточных вод.

- ♦ высокую реакционную способность;
- ♦ уменьшает молекулярный вес сложных органических веществ и увеличивает их способность к биологическому разложению;
- ♦ удаляет органические соединения, обладающие запахом и вкусом;
- ♦ улучшает цветность воды;
- ♦ окисляет моющие средства, пестициды, фенолы;
- ♦ окисляет железо, марганец, тяжелые металлы, цианиды, сульфиды;
- ♦ уничтожает бактерии, вирусы, споры микроорганизмов, цисты.

Получение озона можно обеспечить на месте внедрения озонной технологии, что существенно облегчает вопрос доставки традиционно используемых окислителей (хлора и его производных). В европейских странах, США, Японии этот метод достаточно широко используется (в Швейцарии на миллион жителей работает 24 озонаторные установки, а в России — только 0,02).

Озонирование представляет собой процесс абсорбции, сопровождаемый химической реакцией в жидкой фазе (хемосорбция). Эффективность процесса определяется величиной удельной поверхности контакта фаз и значением коэффициента массопередачи, что заставляет применять высокоинтенсивные контактные аппараты, обеспечивающие создание большой и непрерывно обновляющейся межфазовой поверхности.

Для перемешивания озона с водой перспективно использовать явление кавитации (образование пустот в движущейся жидкости) как наиболее экономичного и эффективного способа смешения при использовании 95–99% озона. В зоне кавитации создается глубокий вакуум и сюда за счет самовсасывания подводится озono-воздушная смесь. Поскольку при этом часть жидкости переходит в парообразное состояние, то поверхность контакта фаз при кавитации увеличивается в тысячи раз, так как перемешивание происходит на уровне «газ с газом». Кавитационные аэраторы просты по конструкции, компактны, не требуют глубоких контактных камер.

Примером может стать исследование разрушения фенолов озонном. Превращение фенола в процессе озонирования протекает в последовательности:

Фенолы → многоатомные фенолы → хиноны → гуминовые вещества → карбоновые кислоты → оксалаты или карбонаты кальция.

При этом продукты глубокого окисления фенолов озонном нетоксичны и некумулятивны. Насколько полно идет процесс превращения фенолов при озонировании, зависит от начальной концентрации фенолов и озона, реакции рН среды, наличия примесей. В процессе разложения фенола озонном сначала происходит распад бензольного кольца при затрате 3 молей озона на 1 моль фенола. Затем начинается прямое окисление с образованием глиоксалевого, уксусной, малеиновой и щавелевой кислот при затрате до 5 молей кислорода (образуется при распаде озона) на 1 моль фенола. Упрощенная технологическая схема процесса представлена на рис. 1.4.

Сточные воды насосом подаются из бассейна в кавитационный смеситель, где происходит их смешение с озono-кислородной сме-

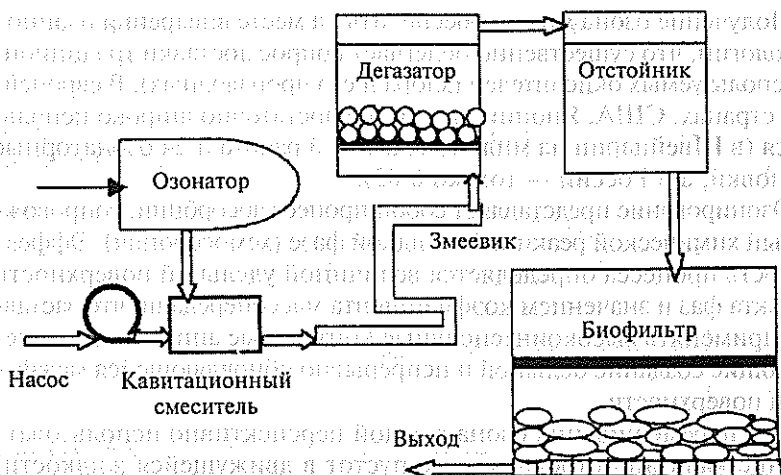


Рис. 1.4. Технологическая схема доочистки сточных вод озонированием.

сью, поступающей из озонатора. Затем двухфазный поток через змеевик, обеспечивающий взаимодействие озона со сточными водами, поступает в дегазатор. В нем происходит разделение жидкой и газовой фаз. После этого стоки проходят отстойник и биофильтр.

Исследования по доочистке сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, озонированием, показали, что при содержании нефти (40 мг/л), фенолов и других соединений в сточной воде снижалось по нефти до 4 мг/л.

Перспективными считаются разработки технологий очистных сооружений с применением лазерной техники.

Наиболее распространенным способом «безопасного» удаления отходов является их складирование в специальных местах (склады, свалки, полигоны). Все они занимают огромные площади, являются источниками пыли, запахов и шума, при этом можно выделить три вида таких хранилищ:

- ♦ отвалы строительного мусора и грунта;
- ♦ свалки (хранилища) бытового мусора;
- ♦ хранилища производственных (специальных) отходов.

Из-за протекающих процессов и реакций в отвалах с органическими компонентами бытовых отходов происходит образование газов (метан, диоксид углерода, азот, сероводород). Газовый состав зави-

сит от длительности хранения и фазы брожения. В хранилищах промышленных отходов микробиологические процессы обычно не наблюдаются из-за значительной концентрации ядовитых веществ (микроорганизмы просто уничтожаются). В хранилищах могут образоваться ядовитые или взрывоопасные газы, что требует принятия соответствующих мер обеспечения безопасности. Если склад (свалка) не обеспечен защитой от осадков, наводнений, грунтовых вод, то из хранящихся веществ вымываются в первую очередь продукты брожения и гниения. Велика опасность загрязнения подземных вод.

Но более предпочтительным является сжигание (термолиз) отходов (в развитых регионах Западной Европы сжигается до 50% всех отходов), что существенно снижает объем отходов, разрушает горючие материалы и органические соединения (шлаки и зола составляют менее 10% исходного объема отходов, а по массе — не более 30%). Но даже при сжигании отходов в специально для этого оборудованных печах нельзя исключить проникновения в ОС вредных веществ, в том числе и вновь образовавшихся. Продукты сжигания мусора (шлаки, зола, дымовые газы) содержат неорганические и органические вещества и поэтому требуют особой переработки, чтобы исключить опасность для ОС.

В дымовых газах при сжигании отходов в специальных печах содержатся пыль и вредные газообразные вещества, вид и количество которых в неочищенных отходящих газах зависит от состава сжигаемых отходов, конструкции топки, условий работы всего сжигающего комплекса (табл. 1.9). Устройства для очистки дымов (электрофилтры, тканевые филтры, промывные установки) должны

Таблица 1.9

**Предельные концентрации вредных веществ в установках
для сжигания мусора, мг/м³**

Вредные вещества	Содержание в дымовых газах	
	до очистки	после очистки
Хлороводород HCl	400—11 500	50
Фтороводород HF	2—20	2
Диоксид серы SO ₂	200—800	100
Оксиды азота NO ₂	150—400	500
Моноксид углерода CO	20—600	100
Органические вещества	300—500	20
Пыль	800—15 000	30

эффективно удалять вредные вещества, что сопряжено со значительными трудностями.

По опыту ряда стран Европы при среднем содержании пыли в отходящих топочных газах 88 мг/м^3 достигается приемлемое содержание металлов в частицах дыма мусоросжигательной печи (табл. 1.10).

Иногда для удаления газообразных загрязнений поток газообразных отходов пропускают через промывные установки. При этом проблема появления сточных вод решается с помощью использования «сухих систем очистки газов», основной составляющей которых является гашеная (негашеная) известь или известняк. Водные растворы (или суспензии) этих материалов распыляют в потоке выбросов газов, что приводит к нейтрализации кислотных газов, а после испарения воды в установке остаются только кальциевые соли минеральных кислот.

Простейшим сооружением для сжигания зараженных отходов может стать траншея в земле глубиной 75 см и шириной до 100 см. На высоте 40 см от дна оборудуют колосники (металлические прутья). Под колосниками размещают горючий материал, а сверху — отходы. Сырые отходы предварительно смешивают с сухим мусором. В среднем для выпаривания 1 кг отходов необходимо до 1300 ккал/кг, а для сжигания органической массы — более 6000 ккал/кг.

Высокотемпературная сушка может не только обеззаразить отходы, но и уничтожить неприятный запах, а иногда высушенные отходы могут быть использованы в качестве вторичного сырья или удобрений. Плотность высушенных отходов в несколько раз меньше, чем сырых. Необходимо отметить относительную дороговизну этого способа: требуется создание специальных цехов, размещение сушилок, транспортирующих устройств, измельчителей массы, специальных печей (например, ракетный двигатель), циклонов (для отделения газообразной фракции), дымососов, вентиляторов.

Таблица 1.10

Средняя концентрация металлов (мг/м^3)
в пылеобразных частицах дыма печи

Металл в составе пыли	Концентрация металла	Металл в составе пыли	Концентрация металла
Алюминий	12,056	Олово	0,167
Цинк	3,08	Кадмий	0,071
Свинец	1,76	Хром	0,044
Медь	0,185	Ртуть	0,001

Для обеззараживания отходов может быть использована *пароструйная установка*, разработанная ВНИИ ветеринарной вирусологии и микробиологии. Жидкий навоз (при влажности 98%) обрабатывается паром при температуре 130°C и давлении 300 Па в течение 15 мин. Из накопительной емкости отходы поступают в обеззараживающую установку, состоящую из 1-го теплообменника (предварительный нагрев поступающих стоков), пароструйных аппаратов, трубчатого выдерживателя, в котором отходы выдерживаются при температуре 130°C , и затем направляются во 2-й теплообменник, где происходит охлаждение до 40°C . К недостаткам метода можно отнести невозможность обработки отходов влажностью ниже 98%, а также засорение до непроеходимости массы тракта (теплообменника, пароструйных аппаратов).

Во многих случаях целесообразно осуществлять регенерацию некоторых отходов, например отработанных нефтематериалов и масел. Регенерацию отработанных масел осуществляют с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ) по схеме: отработанное масло — глина — вода (рис. 1.5).

Отработанные масла, поступающие на регенерационную станцию, сливаются в приемные емкости (1), из которых они насосом (2) перекачиваются в мешалки (3).

После наполнения мешалки (их может быть несколько) маслом оно подогревается проходящим через змеевик паром до температуры 80°C . После нагрева отработанного масла в мешалку подается сжатый воздух от компрессора (4) и малыми порциями (не более 5% массы масла) 10% водный раствор (5) ПАВ (кальцинированная сода или тринатрийфосфат).

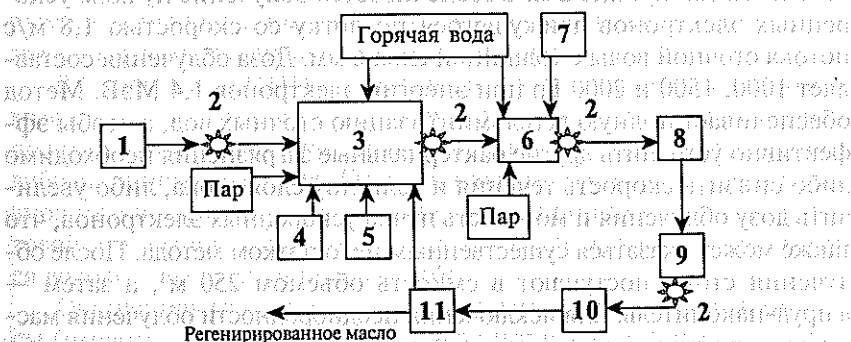


Рис. 1.5. Упрощенная схема маслорегенерационной установки.

Перемешивание масла с ПАВ для коагуляции взвешенных примесей продолжается до 20 мин, после чего подачу сжатого воздуха и пара прекращают. После отстаивания в течение 4 час происходит осаждение скоагулировавшихся частиц, и смесь промывается горячей водой. После окончания промывки и спуска избытка воды насосом (2) производится перекачка масла в контактную мешалку (6). После заполнения мешалки масло в ней подогревается проходящим через змеевик паром до температуры 80°C , после чего включается электродвигатель перемешивающего устройства и в мешалку (6) при непрерывном перемешивании подаются из бункера (7) отбеливающая глина (до 5% массы масла) и такое же количество воды. Образовавшуюся эмульсию из мешалки насосом (2) подают в трубчатую огневую печь (8) и затем в испаритель (9). Масло с глиной из испарителя насосом (2) подается в фильтр-прессы (10). Отфильтрованное масло поступает в промежуточные емкости (11), откуда в зависимости от качества идет в производство или на повторную обработку (3). Выход регенерированного масла в среднем составляет до 70%, а остальная масса вывозится на свалку. Процесс требует значительных затрат.

Примером использования радиационного метода является примененный в Омской области линейный импульсный ускоритель электронов (ИЛУ-6) для обеззараживания сточных вод. Установка размещена в помещении полузаглубленного типа и состоит из резонатора, генератора и системы электропитания. Для обеспечения радиационной защиты (при мощности дозы $0,1 \text{ мр/ч}$) стены помещения выполнены из сборного железобетона толщиной 1,25 м. Пучок электронов направлен сверху вниз. Ввод и вывод сточных вод выполнен на глубине 2 м. Обеспечивается облучение пучком ускоренных электронов движущегося по лотку со скоростью 1,8 м/с потока сточной воды с толщиной слоя 6 мм. Доза облучения составляет 1000, 1500 и 2000 Гр при энергии электронов 1,4 МэВ. Метод обеспечивает полную дегельминтизацию сточных вод, а чтобы эффективно устранить другие бактериальные загрязнения необходимо либо снизить скорость течения и толщину слоя стока, либо увеличить дозу облучения и мощность пучка ускоренных электронов, что также может оказаться существенным недостатком метода. После облучения стоки поступают в емкость объемом 250 м^3 , а затем — в пруд-накопитель. Для исключения неоднородности облучения массы стоков в потоке ускоренными электронами применяется двустороннее облучение.

В США с 1970 г. эксплуатируется очистная установка на 38 м³ бытовых стоков в сутки, в которой стоки после биоочистки обеззараживаются гамма-излучением от ИИИ (⁶⁰Со). При дозе 5000 Гр число бактерий кишечной палочки снижается в 10 000 раз, происходит снижение БПК и мутности воды.

В 1971–1972 гг. ВНИИВС была доказана возможность использования гамма-облучения для обеззараживания жидкого навоза от возбудителей туберкулеза, бруцеллеза, ящура, болезни Ауески, листериоза, рожи свиней, сальмонеллез, эшерихиозов, гельминтоза. Например, в жидком навозе с содержанием взвешенных веществ 7300 мг/л, БПК₅ — 3140 мг/л и окисляемостью 1784 мг/л инаktivация возбудителей туберкулеза наступала после воздействия ионизирующего излучения (ИИ) дозой 13 000 Гр, бруцеллеза — 12 000 Гр, ящура — 9000 Гр, болезни Ауески — 7000 Гр, листериоза — 4000 Гр, рожи свиней — 5000 Гр, сальмонеллез — 2000–6000 Гр, эшерихиозов — 8000 Гр, яиц гельминтов — 1000 Гр. Гибель спор антракоида в жидком навозе происходила при дозе облучения 20 000 Гр. Стерилизующее действие ИИ обуславливается прямым (возбуждение и ионизация молекул биологически важных компонентов клетки) или косвенным (ионизация молекул воды с образованием свободных радикалов, гидропероксидных и пероксидных соединений) воздействием радиации. Суммарное воздействие этих факторов приводит микробную клетку к гибели. При обеспечении повышенного содержания кислорода в обрабатываемом стоке воздействие ИИ усиливается, что можно осуществить подачей стока на гамма-установку пневматическим способом (сжатым воздухом). Для снижения мощности дозы установки можно осуществлять рециркуляцию стоков или снижать скорость их движения и глубину потока. Перспективным является также дополнительно к облучению применение барботажа воздухом или добавка к стокам аммиака.

В Украинском НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства разработан метод электрофлотации жидкой фракции бесподстилочного навоза, полученной после обработки на барабанном вибрационном сепараторе. Особенностью метода является разделение анодного и катодного пространства флотационного аппарата ионитовой мембраной, а для извлечения взвешенных частиц используется водород, выделяющийся на катоде.

Очищенная от взвешенных частиц жидкость неоднородной массы (имеются твердые высокодисперсные и коллоидные частицы с концентрацией до 7 кг/м³) направляется в анодную камеру аппарата, где насыщается мелкодисперсными пузырьками кислорода и обез-

зараживается за счет атомарного кислорода и озона, образующихся на аноде. В этом процессе в качестве коагулянта используется фосфорная кислота (2 л на 1 м³ фильтрата). Проведенные химический и бактериологический анализы показывают, что процесс обеспечивает снижение БПК, с 6000 до 1480 мг/л, окисляемость — с 2000 до 800 мг/л, коли-титр может быть доведен до 333, а микробное число — с 5×10^6 до 3000, яйца гельминтов флокулировались в пену, которая затем обрабатывалась электрогидравлическим или термическим методом (табл. 1.11).

Сущность электрогидравлического метода обеззараживания заключается в том, что инфицированную жидкую фракцию стоков порциями подают в специальную камеру и в жидкости производят высоковольтный разряд. Это приводит к возникновению в зоне разряда сверхвысокого давления, мощному ультрафиолетовому и ультразвуковому облучению и ряду других физико-химических воздействий.

В ВИЭСХ исследовалось бактерицидное действие ультрафиолетового облучения на яйца фасциол (А. А. Ковалев, 1980), которые погибали через 4 с при использовании источника излучения мощностью 60 Вт и толщине пленки стока до 1,5 мм. Наибольший эффект

Таблица 1.11
Результаты анализов электрофлотации жидкой фракции свиного навоза

Условия опыта		Число яиц гельминтов		рН фильтрата
Плотность тока, А/м ²	Время очистки, мин	Исходное	После очистки	
160	2	50	38	2,6
	4	52	28	
	6	48	18	
320	2	50	10	2,6
	4	51	2	
	6	52	—	
480	2	49	18	5,6
	4	51	2	
	6	49	—	
640	2	52	1	5,6
	4	51	—	
	6	48	—	
800	2	50	1	2,5
	4	49	—	
	6	51	—	

обеззараживания стоков электрокоагуляцией достигается при обработке осветленной жидкости ультрафиолетовыми лучами (табл. 1.12).

Метод дезинвазии и обеззараживания стоков омагничиванием (высоким напряжением) заключается в воздействии на протяжении 6–8 сут переменного магнитного поля (частотой 8–16 Гц) с постоянной составляющей напряженностью 150–500 Э. Эффективность повышается, если процесс протекает в щелочной среде при pH 12,9–13,5 или в присутствии хлорной извести (порядка 100 мг/л).

Другим методом термической обработки отходов является пиролиз, который проводится при высокой температуре в отсутствие кислорода, т.е. сгорания отходов не происходит. Пиролиз приводит к распаду молекул (крекинг) на мономерные и олигомерные органические соединения, которые используются при проведении химических синтезов. Наиболее целесообразно применять этот метод для разложения пластмасс (даже несортированных, которые нельзя использовать для вторичной переработки) и отработанных автомобильных шин. После проведения пиролиза (разложения больших молекул органических веществ на более мелкие) в принципе получают два основных продукта:

- ♦ твердые остатки;
- ♦ коксовый газ, который после охлаждения разделяется на две фракции:
 - а) пиролизный конденсат из сложной жидкой смеси различных легтеподоьных и маслянистых веществ;
 - б) пиролизный газ, оставшийся после конденсации.

Так как пиролиз не требует кислорода (воздуха), то подлежащие очистке газы (сероводород, органические соединения серы, циановодород, галогеноводороды) имеют сравнительно незначительный

Таблица 1.12

Обеззараживающий эффект ультрафиолетового облучения сточной жидкости

Количество взвешенных веществ, мг/л	Расход воды, л/мин	Коли-титр	Число микробов в 1 см ³
2424	Без обработки	10^{-2}	9,4 млн
2424	0,1	10^{-2}	8,7 млн
1301	0,1	10^{-3}	380 тыс.
943	0,1	10^{-3}	50 тыс.
282	0,1	1	90
80	0,1	1	28

объем, а их сжигание приводит к образованию диоксида серы, оксидов азота, органических и неорганических веществ и выделению неприятных запахов. Сточные воды от установок для пиролиза сильно загрязняются органическими веществами (фенолы, хлорированные углеводороды). В твердых продуктах пиролиза наблюдаются в высоких концентрациях поликонденсированные углеводороды.

Из сказанного можно сделать вывод, что пиролиз отходов нельзя считать экологически безопасным методом переработки отходов.

Существует два пути утилизации наиболее распространенных РАО (ТВЭЛов):

- ♦ топливные элементы вскрываются и подвергаются переработке (отделяется уран, плутоний);
- ♦ топливные элементы удаляются из реактора с последующим помещением их в контейнеры для хранения в непереработанном виде.

Основное требование при захоронении РАО — надежная изоляция от экосферы на весь период их опасного действия. Поэтому в первую очередь возникает проблема хранения отходов. Известны ошибки в обращении с РАО при наработке оружейного плутония в 1949–1951 гг. Жидкие РАО (общей активностью до 2,5 млн Ки) ПО «Маяк» вначале сливались непосредственно в реку и только после осознания опасности — в замкнутые водоемы. Высокоактивные РАО хранились в специальных емкостях, не отвечающих требованиям, хранилища ПО «Маяк». В 1957 г. произошел взрыв одной из таких (80 т) емкостей с выбросом РВ активностью до 20 млн Ки. Не безопасным оказался и вариант захоронения жидких РАО в глубоководных водоносных горизонтах с замедленным водообменом (60-е годы). К настоящему времени в водоносных горизонтах захоронено более 50 млн м³ жидких РАО с суммарной активностью до 2 млрд Ки. Требования МАГАТЭ не допускают захоронения РАО в жидком виде, особенно для долгоживущих радионуклидов.

Традиционно к низко- и среднеактивным жидким РАО применяют химическое осаждение, ионный обмен, выпаривание, фильтрование, мембранные методы, битумирование, остеклование. При этом можно выделить этапы: улавливание (особенно важен для газообразных РАО), концентрирование (выпаривание жидких РАО), упаковка, хранение, захоронение.

Радиоактивные отходы перед захоронениями доводят до твердого состояния выпариванием, а затем заключают в стеклообразную, цементированную или битумную массу и помещают в металлическую, бетонную, пористую керамическую конструкцию или другое

приспособление (в Приморье — это специальное судно «Пенег»). В реакторах электрической мощностью 1 ГВт за год образуется до 500 м³ твердых РАО, а от переработки ТВЭЛов (тепловыделяющих элементов АЭС) еще 10 м³ высокоактивных, 40 м³ среднеактивных и 130 м³ малоактивных РАО. В процессе переработки производится разрушение топливных элементов и растворение их в сильных кислотах с выделением газов и летучих продуктов деления. Эти газообразные отходы отфильтровываются и поглощаются водой (удаляется полностью радиоактивный йод, а также некоторое количество трития и криптона-85, которые выбрасываются в атмосферу), т.е. при значительном количестве РАО сохраняется угроза заражения биосферы тритием и криптоном. За 40 лет деятельности ПО «Маяк» в его санитарно-защитной зоне площадью 270 км² сосредоточено продуктов радиохимического производства суммарной активностью в 1 млрд Ки (из них более 120 млн Ки депонированы в открытых водоемах и донных отложениях), а в районе захоронения РАО сформировалась линза загрязненных радионуклидами подземных вод площадью до 10 км², объемом 4 млн м³, суммарной β -активностью 6000 Ки. Первоначально технологическая схема обращения с РАО предусматривала получение нитратацетатных растворов, но при высыхании они оказались взрывоопасными. Захоронение РАО в местах их образования удобно, снижает затраты на перевозки, но при огромных объемах РАО придется создавать большое количество опасных зон захоронения, а обеспечение их безопасной эксплуатации потребует огромных затрат и вывода из оборота значительных площадей.

Выбор мест окончательного захоронения РАО чаще становится вопросом не техническим, а политическим, так как вызывает протест населения, живущего в районе строительства хранилища. Извлекать многие компоненты из отработанного ядерного горючего сейчас нет смысла. Поэтому наиболее распространенной стала технология прессования. Отделив все слаборадиоактивные элементы конструкции (корпус, крышки, колпаки), высокоактивные РАО прессуют, помещают в медный контейнер (не поддается коррозии в течение тысяч лет) и заливают свинцом. За время гарантии надежности контейнера активность содержимого контейнера снизится до безопасного уровня.

Существенным является выбор геологического горизонта для хранилища. Наиболее пригодны для этого глубокие шахты в каменной соли (т.е. можно с уверенностью сказать, что здесь нет контакта с водой, так как соль не растворилась), глине, скальных породах и других водонепроницаемых горизонтах.

ПРЕВРАЩЕНИЯ ВЕЩЕСТВ. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Превращения веществ — это изменения их химической структуры под воздействием факторов окружающей среды.

Абиотические превращения (под воздействием кислорода, света) — это реакции с молекулярным кислородом или кислородными радикалами, образующимися в атмосфере или воде при протекании фотохимических реакций:

- ♦ большинство реакций окисления и окислительно-восстановительных процессов приведены в широко распространенной литературе;

- ♦ гидролитические процессы, основанные на том, что многие органические химикаты легко гидролизуются до гидрофильных конечных продуктов (исследования показали, что гидролиз пестицидов в природных условиях приводит в водных растворах к потере токсических свойств);

- ♦ фотохимические реакции в тропосфере характерны для органических молекул, которые не поглощают ультрафиолетовые излучения при длине волны более 290 нм;

- ♦ фотохимические реакции веществ в ОС, которые способны вызвать химические превращения хлорорганических соединений в тропосфере (внутримолекулярные реакции при возбужденном состоянии);

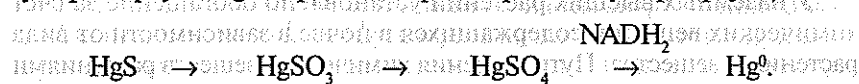
♦ (межмолекулярные реакции между различными активными и неактивными частицами в тропосфере).

Многие окислительные реакции могут быть одновременно и фотохимическими (например, реакции вредных веществ с активными частицами кислорода).

Биотические превращения вызываются живыми организмами или продуцируемыми ими ферментами, что называют «*метаболизмом вредных веществ*», а продукты превращения — метаболитами.

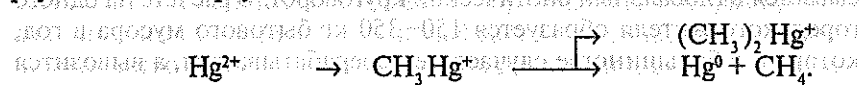
Соединения металла (ртути, олова, свинца) и неметалла (мышьяка), накопления которых в ОС происходит от естественных и антропогенных (сточные воды, выхлопные газы) источников почти поровну. Накопление этих веществ в ОС нежелательно из-за вредных для живых организмов последствий (острые или хронические отравления, их цитотоксические свойства). Биотические превращения металлов, т.е. включение ионов металлов в органические производные, приводят к повышению токсичности по отношению к теплокровным живым организмам.

Например, в природном цикле ртути одним из микробиологических механизмов превращения является окисление (через стадию образования сульфита ионы ртути из нерастворимого природного сульфида ртути HgS переходят в растворимый сульфат ртути):



Ионы ртути Hg^{2+} восстанавливаются под действием никотинамид-адениндинуклеотида (NADH_2) до металлической ртути, давление паров которой настолько велико, что металл постепенно переходит в газовую фазу.

По другому механизму ионы ртути Hg^{2+} метилируются до метилртути и диметилртути:



Биологическое метилирование происходит во всех живых организмах. Некоторые микроорганизмы разлагают метилртуть, восстанавливая ее до металлической ртути и метана.

Металлическая ртуть и диметилртуть летучи, а метилртуть накапливается в жировых тканях. Обычно неорганическая ртуть (Hg^{2+}) в организме водорастворима.

Вторая реакция ртути в окружающей среде (метилирование) приводит к значительному повышению токсичности соединений для теплокровных живых организмов и способствует накоплению метилртути в цепях питания. В лабораторных условиях изучено присоединение метильного радикала к палладию, свинцу, платине, олову, золоту, хрому, мышьяку, селену.

Органические посторонние вещества обычно взаимодействуют с организмом по одному из процессов: первый — разложение органического вещества до неорганических продуктов или низкомолекулярных органических фрагментов, способных участвовать в природных циклах углерода с выделением углерода и энергии и обеспечением роста; или второму, заключающемуся в превращении микроорганизмами большинства химических соединений без выделения углерода и энергии, что не обеспечивает роста биомассы. Образованные из ксенобиотических* веществ продукты являются химическими веществами, посторонними для ОС, т.е. антропогенными веществами. Специфические ферменты некоторых микроорганизмов, полученных в результате мутаций и селекции, способны воздействовать на посторонние вещества. Первичными реакциями превращения являются: окисление, восстановление и гидролиз, а вторичными — превращение посторонних веществ в вещества, входящие в состав организма, или их встраивание в макромолекулы природных органических веществ.

У наземных высших растений установлено обогащение за счет химических веществ, содержащихся в почве в зависимости от вида растения и вещества. Пути усвоения химических веществ растениями весьма многообразны (корневой системой с выносом в наземную часть сокодвижением; летучих химических веществ его листьями; из частиц почвы или пыли, попавших на листья), а также зависят от свойств среды.

Материальный нетто-баланс человечества как биологического сообщества, за исключением твердого бытового мусора, вполне вписывается в глобальный биотический круговорот. В расчете на одного городского жителя образуется 150—350 кг бытового мусора в год, который в большинстве случаев не перерабатывается, а вывозится на свалки, занимающие огромные территории вокруг городов, и становится опасным загрязнителем воздуха, воды и почв. В стране работает только 7 мусоросжигательных и 2 мусороперерабатывающих заводов.

* Ксенобиотики — изготовленные человеком вредные посторонние окружающей среде вещества.

Серьезные ресурсные и экологические проблемы связаны с технической энергетикой и промышленным производством, включая промышленные технологии в сельском хозяйстве. За год образуется более 100 млрд т твердых и жидких отходов добывающей и перерабатывающей промышленности; из них около 15% попадает со стоками в водоемы, остальное количество добавляется к отвалам «пустой» породы, свалкам и другим хранилищам и захоронениям промышленных отходов.

Общая масса извлекаемых из недр и перемещаемых на поверхности земли материалов уже превышает средний объем вулканической деятельности (всего в мире насчитывается 609 вулканов, относимых к действующим; в XX в. произошло более 1380 извержений, во время которых в атмосферу выброшено более 57 км³ пепла, содержащего свинец, кадмий, медь, цинк, серебро, мышьяк).

В отличие от нетто-потребления людей количественные характеристики хозяйственного цикла антропогенного массообмена резко различаются в разных странах и регионах мира. Кратность превышения производственного потребления вещества над нетто-потреблением людей колеблется от нескольких единиц в экономически наиболее отсталых районах, где сохраняются элементы доиндустриального хозяйства, до 300 в странах с развитой индустрией. Соответственно различаются и потоки изъятия местных природных ресурсов и техногенного загрязнения среды. Наиболее существенным отличием антропогенного массообмена от биотического круговорота является его незамкнутость в качественном и в количественном отношении. Только часть отходов производства может быть утилизирована биотой или нейтрализована в результате биогеохимической миграции веществ. При этом темпы возобновления, утилизации и нейтрализации значительно отстают от темпов изъятия ресурсов и загрязнения среды. Продукция природных биоценозов дает людям дрова и строительный материал, целлюлозу и каучук, пищу и лекарства. Но основу технической энергетике и производства составляет преобразованная в недрах продукция прошлых биосфер — уголь, нефть и газ. Сейчас за одни сутки человечество использует столько этой продукции, сколько ее образовалось за 300—350 лет.

В течение последних десятилетий технологии общественного производства и сфера потребления все больше удалялись от использования природных материалов, от циклов естественного круговорота веществ в природе. Современная промышленность вносит в окружающую среду огромные количества таких материалов и веществ, которые чужды экологическим системам и природным ландшафтам.

Все возрастающая масса таких ксенобиотиков (*греч.* «ксенос» — чужой, чуждый) — пестицидов, гербицидов, фреонов, синтетических пластиков, тяжелых металлов попадает в атмосферу, водоемы и почву в таких количествах, которые превышают ассимиляционную и самоочищающую способность природных систем. Сложность ситуации заключается еще и в том, что при современных масштабах и характере воздействия человека на природную среду она отвечает совершенно неожиданной (для человека) реакцией, что обусловлено истощением способности среды к самовосстановлению, наличием большого количества взаимосвязей в природе.

Например, все металлы, рассеиваемые в результате производственной деятельности человечества, поступают главным образом в гумусосферу. Из почвы они усваиваются растениями, с растительной пищей и воздухом могут переходить в организмы животных. Поэтому в качестве мерила масштабов техногенных влияний очень наглядными является отношение ожидаемого суммарного техногенного выброса того или иного металла к его современному содержанию в почве и живом веществе (количество вещества, вовлеченного в кругооборот). Расчеты показали, что такое отношение наиболее велико для мышьяка — 470,2; сурьмы — 387,5; висмута — 381,3; урана — 297,5; кадмия — 50,6. Эти элементы содержатся в биоте в микроколичествах, но с каждой добытой тонной руды и топлива захватываются биосферой и надолго попадают в кругооборот органического вещества. Часть отходов подвергается ассимиляции и биотической и геохимической нейтрализации в процессе деструкции; другая часть, содержащая ксенобиотики, после биологической и геохимической миграции подвергается иммобилизации, рассеянию и выносу, выступают как техногенные загрязнения окружающей среды. Совокупный вредный эффект от их поступления в кругооборот зависит от коэффициента опасности отходов, их массы, продуктивности и устойчивости экосистем, в частности, устойчивости по отношению к техногенным воздействиям.

Утилизация отходов, виды утилизации. Используется значительное число технологий по утилизации отходов.

Термические технологии применимы для утилизации любых видов твердых, растворимых, жидких и газообразных отходов. Суть метода заключается в термической обработке материалов высокотемпературным теплоносителем, т.е. продуктами сгорания топлива (плазменная струя, расплав металла или окисла, СВЧ нагревом отходов) контактным или бесконтактным способом. Продукты терморазложения подвергаются окислению или другим химическим воз-

действиям с образованием нетоксичных газообразных, жидких или твердых продуктов. Термический метод обычно состоит из стадий:

- ◆ предварительная, в том числе реагентная обработка;
- ◆ высокотемпературная обработка и обеззараживание;
- ◆ многоступенчатая очистка газов;
- ◆ теплоиспользование;
- ◆ получение побочных органических (газ, топливо) или минеральных продуктов (оксиды, цемент, минеральные соли).

Термический метод позволяет обезвреживать *любые* химические соединения при высоких температурах (выше 3000K) в окислительном или восстановительном режиме с подачей воздуха, кислорода, водорода или других газов, т.е. имеется возможность регулировать параметры обеззараживания *любого* вещества (соединения), в том числе и химического оружия. Таким образом, токсичные вещества I и II класса опасности, т.е. ОВ (в том числе и бинарные), пестициды, диоксины можно обезвредить только плазменным методом со степенью переработки до 99,9999%. Плазмохимический метод предпочтительно применять для обезвреживания трудногорючих и негорючих соединений.

Принцип работы плазмохимической установки: в струю низкотемпературной плазмы (более 3000K) подается исходное вещество в жидком, пастообразном или порошковом виде. Оно в реакторе разлагается до атомов, молекул и ионов. Плазмообразующий (водород, азот, кислород) газ обеспечивает появление окислов, соединений галогенов с водородом, нейтральных молекул и атомов, т.е. тот состав, который образуется в соответствии с термодинамическими параметрами процесса. Необходимо четко представлять, что в отличие от сжигания отходов в топке (в смеси с топочными газами и воздухом) плазменный процесс строго регулируется по давлению, температуре и составу газа. При этом одним из условий процесса является закалка газа, т.е. резкое уменьшение до 1000K в секунду температуры газа, чтобы не допустить вторичного образования нежелательных соединений. Для уничтожения 1 кг отходов необходимо затратить до 3 кВт·ч энергии.

Появились технологии, при которых плазмохимический процесс обезвреживания отходов осуществляется с использованием ванны расплава (металла, оксида), через которую проходят образующиеся при терморазложении газы. Их недостаток — неудовлетворительная экологическая безопасность.

Термические технологии дают твердые отходы в малых объемах и позволяют использовать вторичное тепло для коммунальных нужд. Они имеют большую энергоемкость на единицу перерабатываемых отходов. Примером термического процесса может служить электрофизическая технология полной переработки железной стружки, опилок, чугунной дробы. В результате получают железно-окисные пигменты (железный сурик), т.е. товарный продукт, имеющий широкое применение. Технология реализует плазмохимический способ получения высокодисперсных оксидов металлов, основанный на плазменной переработке диспергированного сырья. Электроэрозионное диспергирование в зернистом слое ведет к разрушению металлических гранул под воздействием импульсного тока с образованием частиц металла размером $700-1000 \text{ \AA}$, обладающих высокой реакционной способностью и легко доокисляющихся с образованием оксидов и гидроксидов. Кроме получения пигментов отходы других металлов могут перерабатываться в сырье для керамики, в адсорбенты, теплоизоляционные материалы.

Не менее перспективным является направление термического безокислительного пиролиза. Его преимуществом является получение технологического газа или минерального продукта — сорбента. Полученный газ может быть использован для технологических и бытовых целей, при этом обеспечивается значительное уменьшение объема твердого остатка, экологическая чистота и безопасность процесса.

Использование мощного СВЧ нагрева снижает энергопотребление на единицу объема перерабатываемого вещества, что позволяет разработать передвижные комплексы для переработки токсичных отходов.

Физико-химические технологии переработки отходов не обладают универсальностью, они позволяют использовать отходы как сырье для получения полезного продукта, например, из использованных автомобильных шин, полимерных материалов. Возможна переработка отходов в удобрения, строительные и дорожные материалы, керамику (приведены в других главах). При этом используется индивидуальный подход в выборе технологии. В настоящее время остро стоит вопрос создания безотходных и малоотходных технологий, легко разлагающихся (под воздействием определенных веществ) упаковочных и тарных материалов.

Наиболее перспективным процессом обезвреживания и переработки отходов является *биотехнология*. Живые компоненты биоты земли за миллиарды лет переработали неживую геосферу, гидросферу, атмосферу, превратив все это в биосферу. Созданные природой

микроорганизмы методами генетической биологии приспособляются учеными для выполнения новых функций.

Большую перспективу имеет переработка бытовых отходов после их сортировки. Переработка тонны органического остатка ТБО может дать 500 м³ биогаза, содержащего до 70% метана и окиси углерода с теплотворной способностью до 6000 ккал/м³. Живые компоненты биоты имеют энергетический КПД неизмеримо выше, чем в технических системах, выполняющих те же функции. Например, бактерия *Thiobacillus ferrooxidans* выщелачивает железо, медь, цинк, окисляя их серной кислотой (кислоту вырабатывает сама бактерия из сульфида металла). Грибная биомасса может концентрировать из раствора свинец, цинк, ртуть, никель, кобальт, золото. Есть группа бактерий, очищающих сточные воды от нефтепродуктов.

Биотехнология используется при производстве белковых продуктов из древесины, нефтяных парафинов, метилового и этилового (технических) спиртов, природного газа и даже из водорода.

К недостаткам биотехнологий можно отнести лишь медленное протекание процессов, что их удорожает.

Существующие системы утилизации недостаточно отвечают современным требованиям эпидемической и экологической безопасности, хотя обнадеживает опыт Германии, где добились успехов в сортировке отходов на самой ранней стадии их появления — в домах, дворах. Для сбора металлолома, стекла, одноразовой упаковки предусмотрены отдельные специальные емкости. В настоящее время и в Москве внедряется сортировка, прессование и брикетирование отходов.

При обеззараживании стоков часто целесообразно применять физические методы: термические; радиационные; электрогидравлический удар, электрофотокоагуляцию, токи высокой частоты, высокое напряжение, а отходы и трупы животных, зараженные возбудителями контагиозных заболеваний (сибирская язва, паратуберкулезный энтерит, сеп, бешенство, чума), сжигают или захоранивают на скотомогильниках. Это наиболее надежная мера уничтожения стойких возбудителей болезней. Недостатком метода являются огромные затраты энергии. Приготовление из зараженных отходов брикетов и их сушка недопустимы из-за опасности рассеивания возбудителей инфекции в окружающей среде, особенно в атмосфере.

Проблемы разработки технологий биологической деградации органических отходов. Микроорганизмы являются неотъемлемой составляющей экологической системы биосферы, сыгравшей решающую роль в формировании жизни на земле. В результате их деятельности выделяется огромное количество кислорода, обеспечивающего жизнь.

Отличительной и определяющей особенностью биосферы является ее целостность, населенность жизнью и существование непрерывного взаимодействия (обмена) между компонентами биосферы под влиянием живого вещества. Основой длительного и устойчивого существования этой огромной экологической системы является сбалансированный кругооборот веществ с участием бесчисленного количества прямых и обратных связей между всем многообразием живых и неживых тел ее образующих. Первый и основной принцип функционирования экосистем: получение ресурсов и избавление от отходов происходят в рамках круговорота всех элементов.

Развитие человеческой цивилизации как сферы надбиологических (обусловленных наличием разума) потребностей создало принципиально новую ситуацию в эволюции биосферы. Великий русский ученый В. И. Вернадский, изучая закономерности строения и состав взаимодействующих элементов и структур земной коры, гидросферы, атмосферы и живого вещества, непрерывный кругооборот неорганической материи, пришел к представлениям о роли человека в эволюции природы Земли. В ходе превращения элементов огромное значение имеют организмы, которые, взятые в целом, составляют живую материю. Их количество, состав и энергия является неразрывной частью большого целого, и не могут подвергаться коренным изменениям. На почве геологической истории, которая исчисляется сотнями миллионов лет, мы видим только колебания этих проявлений организмов, всегда очень небольшие, в ту и в другую сторону. Можно убедиться, что точно так же неразрывно связана со всей историей земной коры деятельность человека, который оказался существенной геологической силой. Взгляды В. И. Вернадского на изменение окружающей среды и накопление отходов как результат цивилизации были развиты как учение о ноосфере (сфере разума), человеческой «оболочки» Земли, что особенно актуально с возрастанием антропогенного воздействия на окружающую среду.

В течение веков происходила естественная биологическая деградация органических отходов под разлагающим воздействием микробов. Сейчас человек научился управлять этим процессом, синтезируя особые группы микроорганизмов. Для этого необходимо сформировать из коллекционных образцов микробные колонии, обладающие специфической активностью. Затем им придается направленное действие. Разложение производится либо с использованием биогазов, либо без них (в обычной воздушной среде).

Суть данного способа заключается в следующем: определенные виды отходов в специально созданных условиях (при определенной температуре, давлении, рН среды и т.д.) подвергаются деградации. Процесс осуществляется при помощи специально подобранных штаммов микроорганизмов (поэтому данный способ называют способом микробиологической деградации отходов). Конечными продуктами деградации являются ил и вода, в процессе формирования которых выделяются биогазы (преимущественно метан). Данный способ экономичен, эффективен, о чем свидетельствует успешное применение его в хозяйстве ряда стран. Он экологически чист, что особенно актуально для России в целом и ее промышленных городов в частности. Микробиологической деградации могут подвергаться органические отходы, а также некоторые искусственные полимерные материалы и пестициды.

При изучении современных бытовых отходов создается впечатление, что они состоят в основном из бумаги и картона. Это объясняется малой плотностью отходов из бумаги и картона ($20\text{--}70\text{ кг/м}^3$), используемых как упаковочные материалы. Практически эти компоненты составляют 25–40% от массы ТБО. Значительной частью ТБО (25–35%) являются пищевые отходы. Они имеют высокую плотность (около 500 кг/м^3), характеризуются значительной влажностью (70–92%). Она предопределяет влажность всей массы ТБО, в том числе и бумаги. В отдельные сезоны года в южных районах, богатых фруктами, содержание пищевых отходов превышает содержание бумаги и картона, а их влажность достигает 90%.

В ТБО многих городов значительную часть (10–25%) составляют мелкие фракции, проходящие сквозь сито с ячейками размером 16 мм (земля, зола, пищевые крошки) плотностью до 800 кг/м^3 .

Особую группу в составе твердых бытовых отходов занимают крупногабаритные, к которым относится старая мебель, холодильники и т.п. Перед их утилизацией необходима предварительная обработка.

Данные среднегодового морфологического состава твердых бытовых отходов по отдельным городам России (табл. 2.1) и отдельным странам мира (табл. 2.2) существенно отличаются. Так, содержание бумаги и картона изменяется (см. табл. 2.1) от 18,1 до 30%, а пищевых отходов от 28 до 45%. Существенные различия в наличии металла и стекла, что соответственно составляет (2,2–7,4)% и (2,7–13,1)%.

Таблица 2.1

Морфологический состав ТБО в отдельных городах России

Компоненты ТБО	Краснодар	Самара	Омск	Волгоград	Саранск	Кемерово
Бумага, картон	26,1	24,9	20,8	30,0	25,2	18,1
Пищевые отходы	45,4	33,2	28,6	45,5	45,2	35,5
Дерево, листья	2,0	5,2	5,1	2,0	2,5	3,5
Текстиль	2,4	5,3	6,2	3,8	4,5	5,4
Кожа, резина	0,6	2,8	4,9	0,8	0,7	2,6
Пластмассы	3,5	4,3	4,2	3,3	3,1	3,7
Кости	1,3	2,4	5,1	1,5	2,1	2,8
Металл	2,2	5,4	7,4	2,2	3,0	5,8
Стекло	2,7	7,3	8,9	3,0	3,2	13,1
Камни, керамика	1,9	2,9	1,9	1,0	0,8	2,4
Отсев	12,0	6,3	6,9	7,0	9,7	7,1

Таблица 2.2

Среднегодовой состав ТБО некоторых стран мира

Компоненты ТБО	Австрия	Бельгия	Англия	Италия	Канада	США	Швейцария
Бумага, картон	28–36	32	29	30–40	52	32–45	40
Пищевые отходы	20–35	22	25	25–35	15	13–19	24
Дерево, листья	2,0	1,0	2,0	3,0	1,5	10–20	2,0
Металл	2–5	3,5	8,0	4–5	5,0	8–9	8,0
Текстиль	1,0	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Пластмассы	5–6	5–6	7,0	6–8	4,0	4–6	4–5
Камни, керамика	9,0	0,5	2,0	3,0	—	2,0	1,0
Стекло	8,0	4,0	10,0	7,9	5,5	8–10	8,0
Уголь, шлак	24	20	14	Учтено в отсеве	5,0	—	Учтено в отсеве
Отсев более 16 мм	Учтено в угле и шлаке			15,0	10,0	11,0	10,0

Морфологический состав отходов, образующихся в городах России, значительно отличается от состава ТБО, приведенных зарубежных стран (см. табл. 2.1, 2.2).

В табл. 2.3 представлены усредненные данные по плотности, влажности и зольности (в пересчете на сухое вещество) компонентов ТБО. Необходимо также отметить, что состав ТБО изменяется во времени.

В качестве примера приведены данные об изменении морфологического состава ТБО г. Москвы в период с 1928 по 1999 г. (табл. 2.4).

На соотношении составляющих бытовых отходов весьма значительное влияние оказывает ряд факторов: степень благоустройства жилого фонда, сезоны года, вид топлива, наличие и развитие промышленности, общественного питания, торговли.

Особенно заметны различия в содержании пищевых отходов, стекла, металла и отсева.

Морфологический состав отходов в большой степени зависит от сезонов года (табл. 2.5).

Таблица 2.3

Характеристика компонентов ТБО по параметрам

Компоненты	Плотность, кг/м	Влажность, %	Зольность, %
Бумага	40–60	20–30	10–20
в том числе:			
— условно чистая	20–30	8–15	6–8
— загрязненная	70–80	40–58	15–23
Картон	50–70	8–25	6–8
Пищевые остатки	450–550	70–92	5–40
Дерево	220	15–25	2,3–10
Металл	220	3	98
Текстиль. В том числе:	160–180	20–40	5–10
— условно чистый	120–160	8–12	2–3
— загрязненный	180–120	40–64	15–20
Стекло	340–480	2	95–97
Кожа, резина	220–250	15–35	10–30
Кости	360–520	20–30	40–50
Камни	1500	2	95–98
Полимеры	30–100	2–5	5–10
Уголь, шлак (сухой)	1000	2	50–95
Отсев мельче 16 мм	770	15–25	70–90

Таблица 2.4

Изменение морфологического состава ТБО г. Москва
(% по массе, с учетом содержания влаги и загрязнения)

Компонент (за год)	1928	1952	1975	1986	1996
Бумага, картон	18	16	28	39	41
Пищевые отходы	12	31	36	31	26
Дерево	4	1	3	2	1
Металл	2	2	2	3	2
Текстиль	3	1	2	3	4
Кости	3	1	5	1	1
Стекло	4	1	4	5	5
Кожа, резина	—	1	1	2	2
Камни	5	6	2	1	2
Полимерные материалы	—	—	—	3	8
Уголь, шлак	4	—	—	—	1
Отсев: размера менее 16 мм	45	40	17	10	7

Таблица 2.5

Среднегодовые данные (%) морфологического состава ТБО
(г. Калуга, 1996–1998 гг.)

Состав ТБО (1996–1998 гг.)	Лето	Осень	Зима	Весна	Среднегодовое значение
Бумага, картон	29,3	21,8	17,6	27,0	23,9
Пищевые отходы	29,9	34,6	39,5	35,7	34,9
Дерево, листья	3,5	7,4	1,8	3,1	4,0
Текстиль	4,2	5,3	4,7	4,4	4,6
Кожа, резина	1,7	2,8	3,4	2,4	2,6
Полимеры	4,9	4,9	3,1	3,4	4,1
Кости	0,9	2,1	1,3	1,8	1,5
Металл черный	5,5	3,5	3,9	4,1	4,3
Металл цветной	0,4	0,3	0,7	0,6	0,5
Стекло	5,0	5,2	10,2	5,4	6,7
Камни, керамика	1,5	2,8	1,1	1,9	1,8
Отсев	13,2	8,3	12,7	10,2	11,1
ИТОГО	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

В Калуге основным местом накопления твердых бытовых и промышленных отходов является полигон ТБО, расположенный вблизи д. Ждамирово. Полигон существует с 1972 г., площадь его — более 14 га. Максимально допустимый объем твердых бытовых отходов, принимаемых на полигон, 700 тыс. м³/год. Однако фактический объем ТБО несколько ниже (560–600 тыс. м³/год).

Несмотря на полное использование производственных мощностей, уровень полигона по отношению к дневной поверхности близок к критическому: в начале мая 1999 г. он находился на отметке 20 м над дневной поверхностью. Полигон заполняется согласно технологии высокого складирования. Максимальная высота пирамиды полигона в таких случаях не должна превышать 16 м. Глубина оврага, на дне которого начал формироваться полигон, составляет 14 м. Таким образом, на его территории сконцентрирован огромный объем бытовых, а также промышленных нетоксичных и малотоксичных отходов.

Анализ табл. 2.5, 2.6 позволяет определить содержание и характеристики пищевых отходов в составе ТБО. Они составляют 34,9% по массе. Причем максимальное количество этих отходов отмечается в зимний период — 39,5%, минимальное — в летний — 29,9% (рис. 2.1).

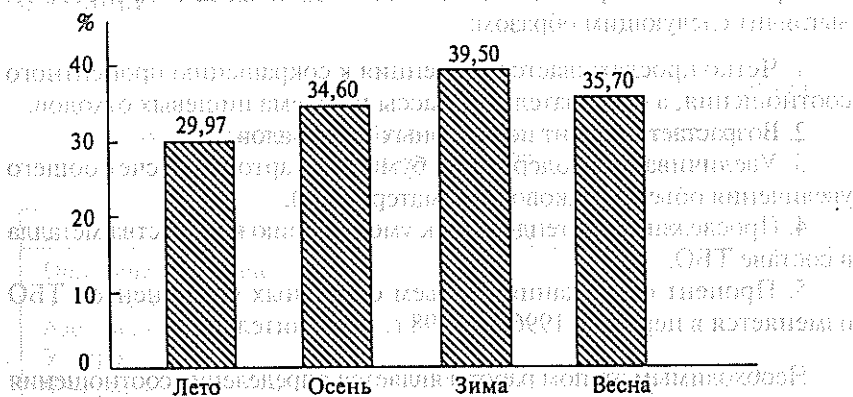


Рис. 2.1. Изменения содержания (%) пищевых отходов в составе ТБО по сезонам года.

Таблица 2.6

Физическая характеристика отходов на полигоне ТБО (д. Ждамирово) по факту на 1998 г.

Морфологический состав отходов	Содержание отходов, %	Объем отходов, м ³ (годовой)	Плотность отходов, кг/м ³	Вес, отходов (масса), кг
Бумага	36,72	56 900	75	19267,5
Пищевые отходы	23,7	165 900	500	82959,6
Дерево	4,0	28 000	220	6160,0
Текстиль	4,6	32 200	180	5796,0
Кожа, резина	2,6	18 200	250	4550,0
Полимерные	8,1	56 700	60	34020,0
Металл	2,8	19 600	220	4312,0
Стекло	6,7	46 900	480	22519,0
Камни	1,8	12 600	1 500	18900,0
Отсев	7,5	52 500	770	40425,0
Кости	1,5	10 500	520	5450,0
Всего (годовой)	100%	700 000	30 534	213741,1

Проведенный сравнительный анализ данных за 1996 и 1998 гг. выглядит следующим образом:

1. Четко прослеживается тенденция к сокращению процентного соотношения, а следовательно, массы и объема пищевых отходов.
2. Возрастает процент полимерных материалов.
3. Увеличивается содержание бумаги и картона (за счет общего увеличения объема упаковочных материалов).
4. Прослеживается тенденция к уменьшению количества металла в составе ТБО.
5. Процент содержания и объем остальных компонентов ТБО изменяется в период с 1996 по 1998 г. незначительно.

Необходимым этапом работы является определение соотношения потенциально биodeградируемых и небиodeградируемых отходов в составе ТБО и изучение их агрохимических свойств. Из многообразных компонентов ТБО к потенциально биodeградируемым можно отнести: бумагу, картон, пищевые отходы, дерево и листья, тек-

стиль; к «условно биodeградируемым»: полимерные материалы, кожу, кости.

В этом случае процентное соотношение биodeградируемых отходов к небиodeградируемым составляет 78,4% (по общему объему ТБО), 58,4% (по массе); 75% по объему и 18,91% по массе составляет отсев.

Кожа и резина выделяются в соотношении масс объемных характеристик этих компонентов 1:1 как единый компонент в составе ТБО. Резина не может быть подвергнута биологической деградации с получением необходимого эффекта.

Максимальный общий годовой объем деградируемых отходов составляет 548 800 м³ отходов, не подлежащих деградации — 151 200 м³. Соотношение биodeградируемых отходов к небиodeградируемым по объему 3,63:1, по массе 1:2,57 (среднегодовые данные).

Для анализа свойств ТБО г. Калуги можно использовать их агрохимические свойства (содержание влаги, органики в ТБО 1996 г.), которые приводятся в процентах к сухой массе (см. табл. 2.7—2.11).

Анализ полученных данных позволяет выявить сезонную зависимость агрохимических свойств твердых бытовых отходов. Максимальное содержание органического вещества отмечается в осенний период (70,7%), минимальное — в летний (65,3%). Максимальная зольность отмечена в летний период, минимальная — в осенний.

Таблица 2.7

Агрохимические свойства твердых бытовых отходов.

Весенний сезон 1996 г.

Состав	Содержание, %
Органическое вещество	68,0
Зольность	32,0
Азот общий	0,73
Углерод	20,11
Фосфор общий	0,62
Калий общий	0,46
Кальций	1,92
Отношение углерода к азоту	27,5
Влажность	49,2

Таблица 2.8

Агрохимические свойства твердых бытовых отходов.

Летний сезон 1996 г.

Состав	Содержание, %
Органическое вещество	65,3
Зольность	34,7
Азот общий	0,78
Углерод	20,41
Фосфор общий	0,63
Калий общий	0,56
Кальций	1,97
Отношение углерода к азоту	26,2
Влажность	51,2

Таблица 2.9

Агрохимические свойства твердых бытовых отходов.

Осенний сезон 1996 г.

Состав	Содержание, %
Органическое вещество	70,7
Зольность	29,3
Азот общий	0,72
Углерод	21,44
Фосфор общий	0,65
Калий общий	0,5
Кальций	2,02
Отношение углерода к азоту	29,8
Влажность	57,5

Таблица 2.10

Агрохимические свойства твердых бытовых отходов.

Зимний сезон 1996 г.

Состав	Содержание, %
Органическое вещество	67,0
Зольность	33,0
Азот общий	0,93
Углерод	18,34
Фосфор общий	0,64
Калий общий	0,51
Кальций	1,94
Отношение углерода к азоту	20,1
Влажность	46,0

Таблица 2.11

Агрохимические свойства твердых бытовых отходов.**Среднегодовые данные 1995–1996 гг.**

Состав	Содержание, %
Органическое вещество	67,7
Зольность	32,3
Азот общий	0,75
Углерод	20,2
Фосфор общий	0,55
Калий общий	0,45
Кальций	1,99
Отношение углерода к азоту	26,9
Влажность	50,9

Для осуществления микробиологической деградации растительных и животных отходов необходимо знать химическую структуру составляющих их компонентов. Эта структура изменяется в зависимости от состава продуктов, которые становятся пищевыми отходами. Их состав, агрохимические показатели, физические свойства различны для разных регионов страны. Отклонения в районах с приблизительно одинаковыми агроклиматическими условиями, сходными сроками вегетационного периода у растений, кормами животных, плодородием и свойствами почв незначительны.

Для определения химической структуры пищевых (кухонных) отходов для г. Калуги была создана модель (проба) отходов. В ее состав вошли компоненты: картофель, свекла, капуста, морковь, апельсины, лимоны.

Отходы были взяты из условий, приближенных к условиям овощехранилищ, на стадии полуразложения, гомогенизированы с отбором пробы массой 0,5 кг. Анализ выполнен на базе городского Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии (отдела химизации животноводства и токсикологии). Получены следующие результаты: содержание в пищевых отходах сырой золы составило 6 г на 1 кг пробы или 0,6 по массе; содержание сырого жира — 0,03 г на 1 кг или 0,003% по массе; безазотистых экстрактивных веществ — 32 г на 1 кг или 3,2% по массе; общей влаги — 83,85%, сырого протеина — 9,63%; сырой клетчатки — 0,8%; кальция — 0,3 г на 1 кг или 0,003%, фосфора — 0,02 г на 1 кг или 0,002%; каротина — 7 мг на 1 кг.

Основными «поставщиками» отходов органического происхождения г. Калуги являются предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности, овощебазы и сельскохозяйственные предприятия, а также некоторые учреждения и организации. Количество и состав специфичен для предприятий каждой отрасли. Общий объем биodeградируемых отходов составляет около 548 800 м³ или 124 835 кг в год (по данным полигона ТБО). Однако реальный объем этих отходов гораздо выше, так как многие предприятия не вывозят их на полигон, а утилизируют на месте или реализуют.

Утилизация пищевых и промышленных отходов растительного и животного происхождения осуществляется в г. Калуге следующим образом:

- ♦ послойным складированием на полигоне ТБО (д. Ждамирово) в общей массе промышленных низкотоксичных отходов и ТБО;
- ♦ вывозом органики в качестве удобрений на поля большинством сельскохозяйственных предприятий;
- ♦ реализацией органических отходов животного происхождения предприятиями мясоперерабатывающей промышленности (Азаровского мясокомбината, мясокомбината «Калужский»);
- ♦ высокотемпературным разложением трупов бродячих животных и органики в биотермических цехах;
- ♦ захоронением сельскохозяйственных животных в скотомогильниках;
- ♦ утилизацией промышленных и бытовых отходов растительного происхождения посредством сжигания с применением специализированного оборудования АО «Гигант»;
- ♦ сжиганием отходов на несанкционированных свалках предприятиями промышленности и сельского хозяйства;
- ♦ сбросом отходов производства в канализационную систему города;
- ♦ выбросом отходов на несанкционированные свалки.

Для г. Калуги и Калужской области разработан ряд проектов заводов по переработке бытовых отходов. Работают предприятия по сбору, утилизации и переработке промышленных отходов, однако практически не осуществляется переработка пищевых. Промышленные отходы часто утилизируются методами, не соответствующими требованиям экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности. Разработка и внедрение в хозяйство города эффективных методов утилизации отходов крайне актуальны.

Внедрение микробиологической деградации может быть осуществлено в г. Калуге, который является типичным средним городом России (численность населения порядка 360 тыс. человек, типовой уровень развития среды и транспорта). Полученные данные по ТБО города могут быть предложены в качестве модельных. На территории России существует множество мелких и средних промышленных городов с предприятиями деревообрабатывающей, легкой и перерабатывающей промышленности. И далеко не везде существуют экологически и экономически эффективные методы переработки отходов, образующихся в результате деятельности этих отраслей. Основными методами их утилизации остаются сжигание и прессование мусора, захоронение его на полигонах ТБО, что является экологически и экономически неоправданным. Это относится и к отходам от населения, процент которых в общей массе ТБО, достаточно высок.

Внедрение в городское хозяйство технологии биodeградации позволит решить эти проблемы. Преимуществами данного метода является экологическая чистота, так как конечными продуктами являются активный ил (хорошее удобрение), биогаз (энергоноситель) и вода, используемая для хозяйственных, промышленных и бытовых нужд. Применение этого метода представляется уместным и в сельской местности: в небольших фермерских и тепличных хозяйствах он будет особенно эффективным. Метод биodeградации широко применяется в хозяйственной практике европейских стран. Многие фермерские хозяйства Западной Европы удовлетворяют свои потребности в энергетических и органических удобрениях посредством его применения.

Метод биodeградации органических отходов в бытовых и промышленных целях используется в Норвегии и Канаде. В Китае указанный метод также получил распространение (75 млн установок). Многие частные лица используют биокомбайны в целях переработки отходов, получения энергоносителей и воды.

Все вышеизложенное позволяет судить об экономической эффективности данного метода. Прибыль при его внедрении может быть получена за счет реализации биоудобрений, которые являются ценным продуктом. При серийном выпуске специальных установок объем удобрений может быть значительным. Одна установка способна производить до 250 кг биоудобрений за 4–6 дней. За счет реализации газов энергоносителей и их применения в деградационной установке один фермент объемом 150 л может производить 10–15 м³ бытового газа за утилизацию с содержанием метана в нем до 75%. Таким образом, затраты на обслуживание и ремонт установки будут полно-

стью возмещены в течение приемлемого периода. Итогом является значительное уменьшение объемов органических отходов. Технология метода совместима с городской индустрией.

Судьба вовлеченных в биогеохимический кругооборот элементов, не участвующих в нормальном обмене веществ в клетках организмов, складывается по-разному: одни химически инертны (например, благородные металлы), мало вредят, накапливаясь в каких-то звеньях цепи; другие, химически активные, способны вступать в реакции с белками, замещать биогенные элементы или специфически воздействовать на биологические молекулы и структуры. Они очень опасны, являются ядами. В отличие от природных ядов, которые всегда надежно спрятаны в живых носителях и легко разлагаются с их смертью, техногенные яды в больших количествах попадают в окружающую среду и оказываются довольно стойкими; не всегда перерабатываются и нейтрализуются живой природой. Мощной концентрирующей и загрязняющей функции промышленного производства природа противопоставляет, в основном, функцию разбавления, рассеивания на большой площади суши, иммобилизации в донных отложениях океана. Темпы процесса биогеохимической переработки отстают от техногенного загрязнения среды.

Цинк, медь, марганец в микроколичествах входят в состав некоторых белковых комплексов и, хотя в больших концентрациях они опасны, частично могут быть вовлечены в биогеохимический цикл. Намного больше разомкнутость цикла круговорота тяжелых металлов: годовое производство свинца в мире 3,5 млн т, ртути — 6,5 млн т, причем 50% не подлежит повторному использованию. В организмы растений и животных попадает значительное количество этих металлов, которое потом накапливается в организмах конечных потребителей — людей. Скелет современного американца содержит свинца в 1000 раз больше, чем кости аборигенов Мексики в середине первого тысячелетия. Б. Коммонер мысленно прослеживает путь ртути, содержащейся в использованном и выброшенном элементе электропитания: мусорный контейнер, мусоросжигательная фабрика, атмосфера, водоем, метилирующие ртуть бактерии, зоопланктон, рыба, человек. До конечного звена доходит малая часть, но доходит и накапливается! Аналогичную цепь можно представить для других тяжелых металлов.

По свойствам циркуляции и накопления есть еще ряд элементов, избыток которых навязан биосфере человеком и соединения которых могут вызвать острые и хронические отравления: бериллий, бор, фтор, фосфор, сера, хром, кобальт, мышьяк, кадмий, сурьма,

нитриты, нитраты, цианиды. Вместе с тысячами органических ксенобиотиков (хлорорганические пестициды, полициклические ароматические углеводороды, синтетические поверхностно-активные вещества) они успевают нанести вред своим носителям, вызывая у высших животных и человека нарушения иммунитета, возникновение злокачественных опухолей и генетические нарушения.

Как видим, эта картина окружающего мира отличается от существовавшей миллионы лет до человека биосферы. Понятие биотехносферы в данном случае отражает факт существенного преобразования части земной биосферы прямыми и косвенными воздействиями технических средств человека в соответствии с его социально-экономическими потребностями. Совершенно очевидно, что для успешного длительного существования экологических систем необходимо соотношение производственных и природных потенциалов, подчинение производства экологическому императиву, ограничение природоемкости производства.

Чтобы держать под контролем биомир, необходимо знать законы его развития и жизни. Диапазон распространения микроорганизмов неограничен (от огромных глубин мирового океана и бесплодных почв пустынь до арктических льдов и максимальных высот стратосферы). Они отличаются чрезвычайной быстротой и массовостью размножения, многообразием типов дыхания и питания, легкостью приспособления к резким изменениям ОС, необычайной стойкостью к неблагоприятным факторам воздействия на них. Все это необходимо учитывать человеку в процессе своей деятельности, чтобы не допустить появления опасных для его здоровья видов. Таким образом, необходимо постоянно изучать географию распространения микроорганизмов во всех сферах (почвах и горных местностях, морских и пресных водоемах, в атмосфере и космосе); микроорганизмы, характерные для данного региона и при определенных природных процессах.

Все живые организмы по типу организации клеток можно разделить на эукариоты (грибки и простейшие) и прокариоты. Эукариоты принимают участие в формировании сообществ микроорганизмов. Но наибольший интерес могут представить прокариоты (бактерии, риккетсии, микоплазмы), — микроорганизмы с простой организацией ядерной структуры. Ядерная структура прокариотов (нуклеоид) состоит из молекулы ДНК, связанной с белками, исключая белки группы гистонов, и содержит гаплоидный набор генов. Бактерии имеют способность к самовоспроизводству, им свойственны разнообразные процессы метаболизма.

Микроорганизмы являются первой мишенью при изменениях ОС. Повышение уровня радиации или концентрации опасных химических веществ и соединений в отходах, загрязняющих окружающую среду, может привести к необратимым изменениям в первичной структуре ДНК клеток микроорганизмов (мутациям). Мутации, одновременно происшедшие в сообществе микроорганизмов, оказывают серьезное влияние на окружающую среду, а также на организм человека. Изучение природных популяций микроорганизмов (совокупности особей одного вида, обладающих общим генофондом) позволило проследить их взаимоотношения с окружающей средой, растительным и животным миром, а также между собой. Ареалом (площадью, пространством) распространения микроорганизмов является то место и те условия, где они могут существовать и активно размножаться. Например, возбудитель чумы имеет четкий ареал, связанный с колониями грызунов (сурков). До сих пор не удалось ликвидировать очаги этой страшной болезни. Воздух не является ареалом микроорганизмов, так как они не размножаются в воздушной среде. Это указывает на то, что часто сложно определить ареал обнаруженных микроорганизмов, так как их распространение зависит как от географических, так и от экологических факторов.

Любое сообщество живых взаимосвязанных организмов (животных, растений, микроорганизмов), живущих на конкретном участке водоема или суши, называется биоценозом. Если же данное сообщество состоит только из микроорганизмов, то его называют микробиоценозом (бактериальным ценозом).

В состав бактериальных ценозов входят:

- микроорганизмы-деструкторы, осуществляющие разрушение органического субстрата с образованием нерастворимых крупномолекулярных соединений;
- гидролитические микроорганизмы переводят нерастворимые крупномолекулярные соединения в растворимые низкомолекулярные и используют их для питания;
- микроорганизмы рассеяния используют часть образовавшихся низкомолекулярных соединений.

Особый интерес может представить *микробиоценоз почвы*, так как почва всегда обильно насыщена микроорганизмами, что оказывает решающее влияние на всю биосферу. Находясь в почве, микроорганизмы обеспечивают минерализацию остатков органических веществ, что обеспечивает их круговорот в природе. Сама почва пред-

ставляет собой весьма сложную и динамическую среду со своей внутренней атмосферой, водным режимом, составом минеральных элементов, определенной флорой и фауной. Все эти свойства почва приобретает постепенно при совместном влиянии комплекса воздействующих на нее факторов. В черноземной земле, богатой гумусом и перегноем, микробов значительно больше, чем в глинистых и песчаных. Среднее значение составляет несколько миллиардов микроорганизмов в 1 г почвы.

Распределение микроорганизмов в почве неравномерно: в поверхностном слое глубиной 1–2 мм из-за воздействия солнечной радиации, сухости почвы, а также на глубине более 5 м их число незначительно. Наиболее благоприятные для выживания микроорганизмов условия наблюдаются на глубине 10–20 см.

Качественный состав микрофлоры почвы весьма разнообразен. Преобладают растительные микроорганизмы (водоросли, плесневые грибки, бактерии), имеются простейшие животные организмы (инфузории, жгутиковые, черви, моллюски, членистоногие).

Плесневые грибки наиболее распространены в кислых, богатых органическими веществами, почвах. Максимальное их число приходится на слой почвы глубиной 5–20 см (некоторые обнаруживают на глубине до 80 см). В 1 г этого слоя почвы насчитывается до 1 млн грибков, а их биомасса достигает 1500 кг/га. Грибки расщепляют более 50% клетчатки, что обеспечивает образование гумуса и повышение плодородия почвы.

Бактерии по количеству и разнообразию значительно превосходят другие группы микроорганизмов (в 1 г плодородной почвы их число составляет десятки миллионов, а общая биомасса превышает 1000 кг/га). Бактерии обеспечивают процесс фиксации азота, превращений фосфора, серы, железа и других элементов, определяющих биологическую активность и плодородие почвы. В почве наблюдается достаточное количество болезнетворных бактерий, являющихся патогенными и определяющими эпидемиологическую опасность для высших организмов.

Метабиоз — определенный вид взаимоотношений, при котором один вид микробов использует продукты жизнедеятельности другого, и сам, в свою очередь, создает благоприятные условия для развития первого. Например, микробы-аэробы, поглощая кислород, обеспечивают развитие анаэробных видов; микробы — разрушители клетчатки обеспечивают пищей организмы, не способные разлагать это сложное вещество; гнилостные бактерии, разлагая белки, обеспечивают накопление аммонийных солей, которые используются

нитрифицирующими видами. Примером метабиоза служит сожительство аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий. Нитрифицирующие бактерии окисляют продукт жизнедеятельности гнилостных микробов (аммиак), а азотобактерии используют органические вещества, которые накопились при разложении клетчатки.

Продукты жизнедеятельности одного микроорганизма могут стимулировать рост другого (сателлизм): некоторые дрожжи продуцируют аминокислоты и другие биологически активные вещества, что обеспечивает превращение органических форм фосфора, азота, серы в неорганические, которые благоприятно сказываются на развитии высших растений.

Антагонизм является примером враждебных взаимоотношений между микроорганизмами, при котором продукты жизнедеятельности одного микроба губительно действуют на другой микроб. Например, бацилла сибирской язвы развивается только в стерильной моче: любая посторонняя микрофлора угнетает ее рост. Способность одного вида микроорганизмов подавлять жизнедеятельность другого широко распространенное среди бактерий, плесеней и лучистых грибов явление. Это должно использоваться при обеззараживании промышленных и бытовых отходов. Установлено, что если поле длительно находится под парами, то происходит исчезновение многих сапрофитных микроорганизмов. Причина этого — прекращение поступления в почву свежих органических веществ, что приводит к гибели не выдержавших конкуренцию в борьбе за кислород микроорганизмов. Конкурентоспособными оказываются те микроорганизмы, которые могут усваивать перегнойные соединения почвы. Молочно-кислые продукты образуют молочную кислоту, которая понижает кислотность (рН) среды и подавляет рост гнилостных микроорганизмов. Но необходимо помнить, что взаимоотношения между микроорганизмами зависят от внешних факторов, они сложны и многогранны: микроб, антагонистически относящийся к второму в одних условиях, может быть дружественным ему в других условиях. Это используется человеком наиболее часто в медицине и ветеринарии (применение антибиотиков).

Даже из приведенного неполного перечня можно судить, что микроорганизмы выполняют грандиозную работу по обеспечению главного свойства почвы — ее плодородия. Микроорганизмы в почве могут оказывать положительное, нейтральное или негативное воздействие на жизнь почвы и ее производительность, при этом можно выделить ряд физиологических групп микроорганизмов:

- ♦ гнилостные микроорганизмы (обеспечивают гниение любых органических остатков и разложение мочевины);
- ♦ нитрифицирующие бактерии, окисляющие аммиак до азотистой кислоты с образованием нитритов (интенсивность разложения органических азотосодержащих веществ зависит от их устойчивости к воздействию микроорганизмов: растительные белки минерализуются медленнее, чем белки животного происхождения);
- ♦ азотфиксирующие бактерии, усваивающие азот из атмосферного воздуха, делают азот доступным для растений и являются основным поставщиком азота в почву (расчеты показывают, что почвенные микроорганизмы планеты обеспечивают поступление растениям из атмосферы до 100 млн т азота, в то время как промышленность производит около 30 млн т азотных удобрений);
- ♦ бактерии, вызывающие брожение;
- ♦ бактерии, участвующие в круговороте серы, железа, фосфора и других элементов.

Микробиоценоз водоемов. В поверхностной пленке пресных водоемов концентрируются питательные вещества, поступающие в воду из атмосферы и из почвы. Количество микроорганизмов здесь во много раз превосходит их количество в ниже расположенных слоях водоема. В верхних слоях водоема происходит синтез органических веществ с водорослями и цианобактериями. Сюда же поступают экзогенные органические остатки и вещества, часть которых скапливается в средних и нижних (холодных) слоях водоема, где происходит их разложение. При этом в нижних слоях водоема начинается процесс брожения с выделением водорода, метана, сероводорода и углекислоты. Продукты брожения являются субстратом для денитрифицирующих бактерий, что приводит к накоплению в воде нитритов. В результате деятельности человека во многих водоемах бурно развиваются цианобактерии, которые вырабатывают токсины.

Такие процессы привели к недопустимому снижению качества питьевой воды. В ней можно обнаружить, кроме простейших, грибов и водорослей, бактерии разных типов. Наиболее опасными являются возбудители кишечных инфекций (сальмонеллы и даже холерный вибрион). Спектр возбудителей таких заболеваний содержит бактерии, вирусы, грибки, водоросли, разного рода паразиты. Если попадание в организм при достаточной работоспособности иммунной системы заболевания может не произойти, то контакт зараженной воды со скоропортящимися продуктами обычно приводит к

быстрому размножению в них возбудителя инфекции. И потребление таких продуктов неизбежно приведет к заболеванию человека.

Еще большую опасность представляют сточные воды хозяйственно-бытовой или фекальной канализации. В бытовых сточных водах минеральные вещества составляют до 42%, а органические — до 58%, имеется огромное количество самых разнообразных микроорганизмов (до 1 млрд/мл).

Очистку сточных вод производят на полях орошения (на них в последствии будут выращиваться культурные растения) или полях фильтрации, которые используются только для очистки сточных вод.

Для биологической очистки сточных вод используют искусственно созданные биологические пруды, в которых происходят процессы самоочищения. Для обеспечения хорошего прогрева глубина таких прудов не превышает 1 м.

На крупных очистных сооружениях очистка сточной воды происходит в отдельных резервуарах (аэротенках), через который в течение нескольких часов протекает (медленно) смесь активного ила и сточной воды. Жизнедеятельность бактерий-минерализаторов обеспечивается перемешиванием и аэрированием сжатым воздухом сточной воды при ее поступлении.

В аэротенке происходит оседание взвешенных частиц с образованием активного ила, представляющего собой микроценоз бактерий-минерализаторов, способных окислять в присутствии кислорода воздуха органические вещества. В результате этого процесса происходит разрушение органических загрязнений сточной воды до более простых компонентов как в аэробных (при наличии кислорода), так и в анаэробных (при отсутствии кислорода) условиях. В аэробных условиях имеет место гидролиз белковых органических соединений с образованием углекислого аммония. Позднее азот аммиачных окисляется в азотисто- и азотнокислые соли. Конечным продуктом окисления являются азотнокислые соли (нитраты).

Построенные в России аэротенки (например, свиноводческие комплексы «Кузнецовский», «Илиногорский») представляют собой емкости прямоугольной формы глубиной 5 м и каждая вместимостью 1500 м³. Аэротенки снабжены аэраторами и рассчитаны на двухсуточное пребывание в них жидкой фракции стоков.

Технологические процессы в таких системах могут быть: холодными (при температуре аэрируемой массы 0–24°C), теплыми (25–41°C) или горячими (42–60°C). При холодном процессе достигается

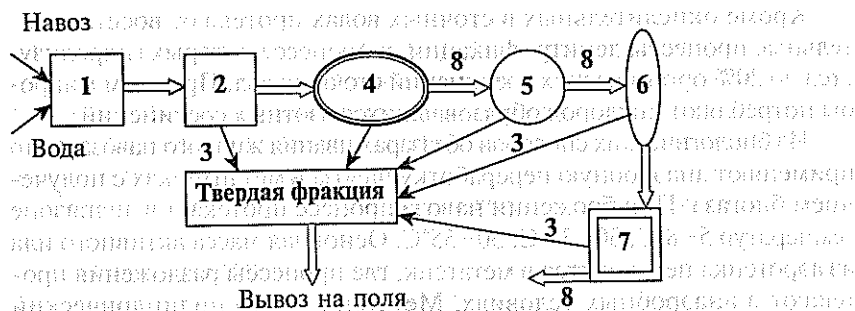


Рис. 2.2. Технологическая схема утилизации жидкого навоза при холодном процессе.

1 — прямо-смеситель для сбора жидкого навоза, 2 — разделительная установка, 3 — осадок в виде твердой фракции, 4 — емкость для аэрации жидкой фракции, 5 — осаждение твердых частиц из отстоя, 6 — химическое осаждение, 7 — дезинфекция химическими средствами, 8 — отстой.

незначительная величина разложения органических веществ: навоз телят 48%, свиней — 36%, крупного рогатого скота на откорме — 31%, молочного скота — 24%. Теплый и горячий процессы более эффективны. Они обеспечивают разложение органических веществ мезо- и термофильными микроорганизмами. При этом разлагаемая масса саморазогревается до температуры 70°C, что приводит к дегельминтации навоза.

Приведенная схема не обеспечивает обеззараживания и очистку сточных вод до степени, позволяющей их сброс в водоем без очистки. Поэтому сточные воды подвергаются химической обработке: хлорированию (7) (рис. 2.2).

В последнее время все шире применяют более быстродействующие и эффективные химические методы обеззараживания. Большинство этих методов основано на протекании химических реакций с веществами стоков, связывая или разлагая их. Так, обработка инфицированного жидкого навоза безводным аммиаком (30 кг на 1 м³) в течение недели обеспечивает обеззараживание его стоков от неспорообразующей патогенной микрофлоры. Перемешивание 30 кг извести с 1 т жидкого навоза является эффективным обеззараживающим средством навоза, обсемененного сальмонеллами. Щелочная среда повышает дезинфицирующую эффективность формальдегида. При обеззараживании стоков перекисью водорода ликвидируется запах и повышается их удобрительная ценность.

Кроме окислительных в сточных водах протекают восстановительные процессы денитрификации, в процессе которых гидролизуются до 20% органических соединений сточных вод. При этом микробы потребляют кислород образовавшихся азотных соединений.

Из биологических способов обеззараживания жидкого навоза часто применяют анаэробную переработку навоза в метантенках с получением биогаза. При брожении навоза процесс протекает в диапазоне температур 5–8°C, 30–34°C, 50–55°C. Основная масса активного ила из аэротенка переводится в метатенк, где процессы разложения протекают в анаэробных условиях. Метатенк — это цилиндрический или прямоугольный железобетонный резервуар с коническим дном и герметическим перекрытием и колпаком для сбора газа. При термофильном сбраживании в течение 3-х дней происходит освобождение навоза от возбудителей заразных заболеваний (кроме споровых) и яиц гельминтов, уничтожается неприятный запах.

В США (г. Ламар) эксплуатируется предприятие для производства биогаза и кормовых добавок из ежедневно перерабатываемых 345 т навоза. Измельченный и разбавленный теплой водой навоз попадает в метантенки, а образующийся газ разделяется методом абсорбции на метан (ежедневно 27 тыс. м³, используется для выработки электроэнергии) и углекислый газ (для выращивания в специальных баках водорослей). Жидкие фракции очищаются в этих баках водорослями и используются для разбавления навоза. Водоросли и осадок служат для производства кормовых добавок (до 170 т в день), в которых содержится до 25% белка. При этом может быть использована система солнечного обогрева метантенков: бродильная камера реактора оборудована прозрачной крышей для обеспечения обогрева солнцем. Образующиеся газы отводятся в газгольдер (англ. держатель — хранилище газа).

Разработанная английской фирмой система ANOX для очистки навоза от 22 тыс. свиней в три стадии включает метантенк емкостью 1200 м³: анаэробное сбраживание, химическая очистка и каталитическая оксидация. Газ является результатом протекания трех реакций: гидролиза, ацидогенеза и метаногенеза. В полученном биогазе содержится до 70% метана, 30% углекислого газа и до 1% сероводорода. После анаэробного разложения субстрат очищается на двух стадиях: химической и каталитической оксидации. На первой стадии суспендированные твердые вещества коагулируются, а затем проходят очистку от образовавшегося ила. В результате получают обеззараженную чистую воду. Ил удаляется и обезвоживается в пресс-фильтре, а полученная твердая фракция (7% азота, 1,5% калия, 6% фос-

фора) обладает теми же удобряющими качествами, что и сточная вода после процесса разложения. Окисленную воду можно несколько раз рециркулировать в реакторе, чтобы оптимизировать окислительные реакции. Относительно чистый продукт реакции для очистки от небольшого количества нерастворимых веществ пропускают через песочный фильтр.

Микробиологические процессы анаэробного разложения твердой фракции протекают в две фазы.

Первая фаза (сбраживания, кислая или водородная) обеспечивает образование из углеводов, жиров и белков основных продуктов распада — жирных кислот, углекислого газа, водорода, спиртов, аминокислот, аммиака, сероводорода. Бактерии, обеспечивающие результаты работы первой фазы, являются анаэробами типа дрожжей, маслянокислых, бутиловых, пропионово-кислых.

Во второй фазе (щелочной, метановой) происходит разрушение выделившихся в первой паре кислот с образованием углекислоты, метана, водорода и окиси углерода. Брожение во второй фазе осуществляется метановыми бактериями, которые являются строгими анаэробами, не образующими спор (т.е. они отличаются от бактерий первой фазы).

Проведенные исследования показали, что биотермические процессы в твердой фракции навоза от любого скота активно осуществляются в штабелях при влажности ниже 70%. Если влажность твердой фракции навозы выше 70%, то биотермические процессы идут менее активно, так как высокая влажность препятствует аэрации в штабеле, т.е. протеканию термобиологических процессов. Необходимым условием интенсивного размножения термофильных микроорганизмов, т.е. активного протекания биотермических процессов является хорошая аэрация штабелей. При недостаточной аэрации (неполный аэробизм) замедление биологических процессов происходит из-за образования различных органических кислот, задерживающих развитие микроорганизмов.

Необходимо учитывать, что на процессы микробиологической очистки сточных вод оказывают негативные воздействия химические вещества и соединения, особенно соли тяжелых металлов, оказавшихся в сточных водах.

Микрофлора воздуха. Микроорганизмы размножаться в воздухе не могут из-за недостатка влаги и отсутствия необходимых питательных веществ. Источником бактериального заражения атмосферы является пыль и капельки влаги различного происхождения. Все большее беспокойство вызывают факторы антропогенного поступления

Состав микрофлоры атмосферы многообразен, он определяется степенью загрязнения воздуха минеральными и органическими аэрозолями, температурой, влажностью, скоростью перемещения воздушных масс и другими факторами. Постоянная составляющая микрофлоры воздуха конкретного региона (пигментообразующие кокки, палочки, спорообразующие бациллы, грибки) определяется составом микроорганизмов в его почве. С увеличением высоты, а также в зоне зеленых насаждений воздух становится более чистым: уже на высоте 500 м в 1 л воздуха наблюдается не более трех бактерий, в то время как в нижних слоях атмосферы их число достигает 2000 в каждом кубическом метре. Атмосферные осадки вызывают интенсивное оседание микроорганизмов (с пылью), т.е. очищают воздух, а ветер загрязняет его, поднимая пыль. Поэтому в атмосфере летом (особенно в сухую погоду) микробов больше, чем зимой.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ. ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ

Твердые, газообразные и жидкие отходы производства. С первых дней существования промышленности основное внимание собственников уделялось результатам производства, а человек вообще не брался в расчет, хотя вредность производства в первую очередь отражается на его здоровье в острой или хронической форме (непосредственно или в отдаленных последствиях) как для самого индивидуума, так и для его потомства.

Обогащение окружающей среды ионами тяжелых металлов может привести к самым неблагоприятным последствиям. Ионы меди, кобальта, никеля вызывают ослабление жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, которые определяют плодородие почвы. Ионы свинца и кадмия приводят к снижению урожая, изменениям в химическом составе растений, накоплению в них кадмия, свинца и цинка, т.е. происходит их передача в следующее звено природного цикла. Кадмий, в частности, вызывает тяжелые заболевания почек, а никель оказывает канцерогенное действие на различные органы человека.

Промышленные отходы весьма разнообразны по фазе (твердые, жидкие, газообразные), токсичности и составу. Например, производственные сточные воды могут иметь в своем составе нефтепродукты, кислоты; щелочи; электролиты; соли многих металлов: тяжелых (железо, медь, цинк, никель, кадмий, свинец, олово), щелочных (калий, натрий), щелочноземельных (магний, стронций), соединений хрома, соли синильной кислоты (цианиды); органические соединения.

Установлено влияние некоторых загрязнителей окружающей среды на организм человека.

Свинец. При интоксикации свинцом наблюдается воздействие на нервную и кроветворную системы. Особенно чувствительны к свинцовым отравлениям дети. В организме человека в среднем содержится ~ 120 мг свинца, который можно обнаружить во всех тканях и органах, и в первую очередь — в скелете. Десять лет требуется для того, чтобы накопленный в костях свинец уменьшился лишь наполовину. Благодаря хозяйственной деятельности человека миграция свинца в окружающей среде приобрела гигантские масштабы. До 90% от общего количества выброса свинца содержат продукты сгорания бензина с примесью свинцовых соединений. Появление значительных количеств свинца в атмосфере, гидросфере, педосфере привело к повышению накопления этого металла в организмах растений, животных и человека. В результате самоочищения атмосферы значительная часть свинца либо осаждается вблизи источников загрязнения, либо возвращается на поверхность суши и океанов с осадками.

Городская пыль часто содержит до 1% свинца. Его содержание в дожде и снеге колеблется от 1,6 мкг/л (в районах, удаленных от промышленных центров), до 250–350 мкг/л в крупных городах. Сточные воды промышленности являются одним из основных источников этого металла в гидросфере. В донных водорослях концентрация свинца за счет эффекта накопления возрастает в 700 раз, в фитопланктоне — в 4000, в зоопланктоне — в 3000 и в моллюсках — в 4000 раз.

Человек, представляющий одно из последних звеньев пищевой цепи, испытывает на себе наибольшую опасность нейротоксического воздействия свинца. Соединения свинца поступают в организм человека через кожу и слизистые оболочки, через дыхательные пути и пищеварительный тракт. При интоксикации свинцом развивается поражение мозга (энцефалопатия), нарушается дыхательная функция крови вследствие разрушения эритроцитов, нарушение функции пищеварительного тракта в результате атрофии слизистой обо-

лочки тонкого кишечника. За счет вытеснения свинцом цинка и меди происходит угнетение целого ряда ферментов. Содержание свинца в крови не приходит к норме даже спустя три года после нормализации его уровня в атмосфере региона. В условиях проживания при повышенных концентрациях установлена зависимость между уровнями свинца и кадмия в волосах школьников и степенью их умственного развития.

Ртуть попадает в организм при дыхании, с пищей и через кожу. Особенно токсичны органические соединения ртути: метилртуть, этилртуть. В организме человека ртуть циркулирует в крови, соединяясь с белками, частично откладывается в печени, почках, селезенке, ткани мозга. Соединения ртути легко проникают в плод через плаценту и в материнское молоко: поэтому они особенно опасны для грудных детей. Из организма ртуть выделяется через почки, кишечник, потовые железы. Необходимо примерно 70 дней, чтобы накопленное в организме количество ртути уменьшилось в два раза. Характерный признак отравления ртутью: появление по краям десен каймы сине-черного цвета. Во время массового отравления ртутью от употребления рыбы, выловленной в заливе Минамата (Япония), концентрация ртути в воде некоторых участков залива была в 30 000 раз выше, чем в открытом океане. В рыбе, вызвавшей отравления людей, содержание метилртути было в сотни раз больше, чем в воде залива, где она была выловлена. Но в еще большей степени, чем в рыбах, ртуть накапливается (аккумулируется) в устрицах.

Первое массовое ртутное отравление («болезнь Минамата») зафиксировано в 1956 г. (130 заболевших); второе (в районе реки Агано, Япония) в 1964—1965 гг., когда заболело 180 человек, из них 52 умерли. Эти отравления явились результатом непосредственного загрязнения залива сточными водами и другими сбросами промышленных отходов от заводов по выпуску азотных удобрений и синтезу винилхлорида, содержащих алкилртутные соединения. Заболевание на начальных стадиях выражалось преимущественно симптомами поражения центральной нервной системы. При этом отмечались расстройства речи, нарушения походки, понижение слуха и зрения. Было выявлено более высокое (в среднем на 25%) содержание метилртути в клетках крови новорожденных, чем у их матерей, что объясняется более высокой чувствительностью плодов к этому яду. У некоторых детей, родившихся от заболевших матерей, оказались различные врожденные уродства.

Суточная предельно допустимая доза ртути (для взрослого человека) — 0,05 мг, из которых метилртути не должно быть более 0,03 мг.

Кадмий попадает в окружающую среду через воздух и воду при добыче и промышленной переработке сырья; при сгорании некоторых видов топлива, сжигании городских отходов, со сточными водами.

Кадмий обладает способностью накапливаться в живых организмах при длительном воздействии пыли, а также веществ, содержащих повышенное количество металла. Установлено, что в организм взрослого жителя США в сутки поступает 50–60 мкг, в Швеции — 15–20 мкг, в Японии — 80 мкг кадмия.

Воздействие даже незначительных концентраций кадмия может привести к серьезным заболеваниям нервной системы и костных тканей. Тяжелое костное заболевание («итай-итай»), вызванное хроническим отравлением кадмием, впервые было отмечено в Японии в 1956 г., когда содержащие кадмий сточные воды японского концерна «Мицуи» попали в оросительную систему рисовых полей. Употребление людьми в пищу отравленного риса вызывало у них апатию, боли в различных частях тела, повреждение почек и размягчение костей. Имели место смертельные случаи.

Хром. Токсичность хрома и его канцерогенное действие зависят от валентности металла: наиболее опасен в этом отношении шестивалентный хром. Он вызывает раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, оказывает сенсибилизирующее действие, являясь аллергеном. На производствах, связанных с хромом, заболеваемость раком среди рабочих в 30 раз выше, чем у рабочих других производств. Хром вызывает поражение печени, почек, сердца, аллергию, рак, расстройства психики.

Медь. Соединения меди очень токсичны, они обладают мутагенными свойствами. При интоксикации соединениями меди поражаются печень, легкие, развивается гипертония, возможны развитие аллергии и расстройства нервной системы.

Полихлорированные (ПХБ) и полибромированные (ПББ) бифенилы. Эти соединения получили широкое распространение в окружающей среде в течение последних десятилетий. Один из первых тревожных сигналов о последствиях присутствия ПХБ в окружающей среде поступил из Японии в 1968 г. Стал широко известен случай массового отравления людей маслом, загрязненным ПХБ. Эта болезнь получила название «юшо». Мертворожденные дети, заболевания кожи, желудочно-кишечного тракта, нервной системы, поражения печени, селезенки, почек, а также развитие злокачественных новообразований (опухолей) — таков неполный перечень симптомов этого заболевания. Кроме того, наблюдалось потемнение кожи,

особенно у детей, рожденных от матерей, которые пострадали от отравления. Научных данных об отдаленных последствиях действия этих веществ на человека пока не имеется.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Существует около 600 ПАУ, из которых наиболее распространенным и стойким в окружающей среде является бензапирен. Он образуется при нагревании органического материала в условиях недостатка кислорода, присутствует в выхлопных газах автомобилей (в особенно больших количествах выделяется дизельными двигателями), а также в промышленных газовых выбросах. Он содержится в сигаретном дыме, в дыме коптител (при копчении окороков и колбас), в выпечке и жареных продуктах. Практически любая термическая обработка пищи способствует образованию в ней бензапирена, который обладает канцерогенным действием.

Нитрозоамины являются канцерогенными веществами. Особенно сильным действием обладает нитрозометилмочевина. Нитрозоамины могут образовываться в желудке людей, если в пище окажутся соответствующие компоненты в виде аминов или амидов, нитратов или нитритов. Множество разнообразных аминов попадает в организм человека с пищей и лекарствами. Например, широко известный пирамидон — это третичный амин — аминопирин, он исключительно эффективно реагирует с нитратами.

Винилхлорид — вещество, из которого получают поливинилхлорид, используемый для упаковки пищевых продуктов и напитков. Винилхлорид выделяется из упаковочных материалов и попадает прямо в пищу человека, причем его количество в пище прямо пропорционально времени хранения, а также заметно увеличивается с ростом температуры. Особое коварство действия канцерогенных веществ, в том числе и винилхлорида, состоит в том, что скрытый период заболеваний продолжается более 15 лет.

Часто можно наблюдать изменения состава в самих сточных водах: реакция гидролиза солей тяжелых металлов, разложение некоторых соединений, образование осадков гидроксидов металлов (при сильном разбавлении растворов и электролитов). При смешивании сточных вод, образующихся от разных технологических процессов, могут проходить различные химические реакции между входящими в их состав веществами (взаимная нейтрализация, образование труднорастворимых гидроксидов и солей тяжелых металлов). Все это приводит к изменению химического состава сточных вод. Нельзя упускать из вида периодический сброс отработанных технологических растворов и электролитов, концентрация высокотоксичных приме-

сей в которых в тысячи раз выше. Сброс таких высококонцентрированных сточных вод на очистные сооружения допускается лишь при наличии надежного контроля и регулирования такой операции. В противном случае их хранят в специальных емкостях-накопителях и малыми порциями добавляют к малоконцентрированным водам, поступающим на очистку. Более рациональным может стать отдельная обработка таких высококонцентрированных сточных вод для извлечения из них ценных химических продуктов. Сброс сточных вод в России достигает 1 млрд м³ в год.

Смолистые полутвердые отходы производства ароматических аминов (например, дифениламин) обычно вывозят на городскую свалку, где их периодически сжигают. При этом атмосфера загрязняется продуктами неполного сгорания этих отходов. Сжигание таких отходов создает определенные трудности из-за непостоянства и агрегатного состояния. При сгорании смолистых отходов производства ароматических аминов в атмосфере образуется широкий спектр органических соединений, самым канцерогенным из которых является диоксин (клеточный яд живого организма), способный вызвать онкологические заболевания, увеличивает риск диабета, порождать кожные заболевания и разрушать иммунную систему. Он обозначает группу органических соединений, включающих хлор. Диоксиновая масса выбрасывается в атмосферу и из труб мусоросжигающих печей, костров, фабрик. Из воздуха диоксины попадают в почву и воду, затем в пищу животных, а человек из этих источников накапливает эти вредные вещества (в основном те, где присутствуют животные жиры). От онкологических заболеваний, вызванных диоксином, ежегодно в России погибает до 20 тыс. человек.

Жидкие отходы производства анилина и его производные, вязкие отходы моноэтиланилина после обработки кислыми стоками сбрасывались в шламонакопитель, из которых токсичные амины проникают в атмосферу, почву и грунтовые воды, загрязняют, особенно при залповых сбросах, водоемы.

Известны и другие методы обеззараживания отходов анилина, но все они сопровождаются вторичным загрязнением окружающей среды кислыми и щелочными стоками, содержащими органику. Их обрабатывают формалином в кислой среде с использованием 10% водного раствора щавелевой кислоты. К недостаткам этого метода относятся — необходимость применения товарных продуктов (формальдегид и щавелевая кислота), а при температуре 3–40°С процесс является многостадийным и приводит к образованию сточных вод.

При переработке отходов, образующихся при производстве анилина, остатки производства анилина, толуидина и других ароматических аминов или их смесей с фенолом подвергают реакции конденсации с водным раствором формальдегида при температуре 60–120°C при давлении 100 кПа в присутствии кислотного или щелочного катализатора. Недостатками метода являются удорожание и сложность процесса из-за применения товарных продуктов, затрат электроэнергии; многостадийность процесса; удаление стоков; сложное аппаратное обеспечение.

Проблемы утилизации и переработки использованных аккумуляторов и резинотехнических изделий. В серьезную проблему превращается утилизация изношенных шин, отработанных горюче-смазочных материалов, аккумуляторов. Вокруг автозаправочных станций и вблизи автомагистралей разбросаны кучи таких отходов, что превращает почву в мертвые зоны, пропитанные маслами, бензином, старыми покрышками и другим мусором. НИЦПУРО (г. Мытищи, Московской обл.) разработана и внедрена на ряде заводов технология переработки шин с наружным диаметром до 1300 мм и шириной профиля до 320 мм, обеспечивающая значительную степень экологической чистоты производства: отсутствие вредных выбросов, полная утилизация покрышек, организация на базе выпускаемой продукции нового производства резинотехнических изделий (резиновых блоков для железнодорожных переэздов, кровельных и гидроизоляционных материалов, мастик). В результате переработки получается резиновая крошка с размером частиц не более 1 мм, измельченный текстильный и металлический корд, бортовые кольца. Пылевые выбросы не превышают концентрации 10 мг/м³, химически вредных веществ при получении резиновой крошки не образуется, сброс технологической воды не производится.

Предлагаются также способы переработки утильной резины (в том числе изношенных шин автотехники с текстильным и металлическим кордом) с применением пиролиза в среде газообразного теплоносителя. На опытной установке получены основные закономерности процесса: температура пиролиза, удельная тепловая нагрузка на реакционный объем, расход тепла. Продуктами переработки изношенных шин являются пиролизная смола, дисперсный остаточный углерод, пиролизные газы, металлокордная плетенка. После вторичной переработки получают активный гранулированный уголь и пластификатор резинобитумных смесей. Побочные продукты утилизируются, процесс практически безотходный. К достоинствам процесса пиролиза можно отнести:

- ♦ универсальность (возможность переработки резиносодержащих отходов различного состава);
- ♦ простота аппаратного исполнения;
- ♦ возможность переработки шин с текстильным, вискозным и металлическим кордом;
- ♦ энергетическая автономность процесса (все оборудование использует тепло горячих газов, образующихся в ходе пиролиза);
- ♦ экологическая чистота процесса (все побочные продукты используются в этой же технологической схеме);
- ♦ в результате переработки получается продукция, пользующаяся спросом: активированный уголь (24,5%), пластификатор резиновых смесей (37,2%), металлический лом (8,3%).

В настоящее время с полной очевидностью встала проблема комплексной переработки, регенерации и утилизации шин, масел, отходов разного назначения, отслуживших срок автомобиль, отработанных аккумуляторов и сухих элементов электропитания аппаратуры. Наибольшую опасность представляют кислотные (в основном, автомобильные) и щелочные (никель-кадмиевые типа 2НКП-24М, кадмиево-никелевые типа 2КН-32, никель железные НЖ-22) аккумуляторы.

Потребители аккумуляторного лома (перерабатывающие свинец заводы) России работают по технологии, исключающей утилизацию электролита. Поэтому в переработку принимаются только аккумуляторы со слитым электролитом.

Его утилизация (табл. 3.1) является сложным и дорогостоящим процессом и возможна лишь на химических предприятиях. Повсеместно распространен бесконтрольный слив отработанного электролита на стихийно созданных свалках, в почву или канализацию.

В России 50% потребляемого свинца используется на производство аккумуляторов, подлежат утилизации на территории страны более 1 млн т свинца в отработанных аккумуляторах, и эта цифра ежегодно возрастает на 150–200 тыс. т.

По степени воздействия на живые организмы свинец относится к высокотоксичным веществам, а в зависимости от агрегатного состояния его отходы причисляются к 1–3 классу опасности. Поэтому в западных странах сбор и переработка отработанных аккумуляторов считается важной экологической задачей, поддерживаемой государством, законом и финансами. Это обеспечивает положение, когда до 90% аккумуляторов попадает вместе с электролитом для переработки на заводы.

Таблица 3.1

Допустимое содержание тяжелых металлов (ТМ) в серной кислоте

ГОСТ	Марка	[H ₂ SO ₄]		Плотность, г/см ³	Концентрация ТМ, мг/л					
		% мас.	г/л		Cu	As	Pb	Fe	Mn	Se
Кислота серная, ГОСТ 9204-77	хч	93,6	1713	1,83		0,017	1,71	0,34		1,71
	чда	93,6	1713	1,83		0,051	3,42	0,86		1,71
	ч	93,6	1713	1,83		0,17	8,55	5,14		8,55
Кислота серная аккумуляторная, ГОСТ 667-73	Выс- ший сорт	92,0	1678	1,824	8,39	0,84	168	83,9	0,84	—
	1 сорт	92,0	1678	1,824	8,39	1,34	168	167,8	1,68	—
Кислота серная техническая, ГОСТ 2184-77	1 сорт	92,5	1689	1,826	—	—	—	337,8	—	—
	2 сорт	92,5	1689	1,826	—	—	—	1689	—	—

В настоящее время Россия осталась без заводов по производству первичного свинца. Сложившаяся экономическая ситуация вынуждает медеплавильные предприятия отказываться от переработки техногенных отходов (шлаков, пылей, кеков). Это приводит к скоплению на территориях объектов (на «временном» хранении) значительных количеств твердых отходов, содержащих свинец, цинк и другие опасные элементы (табл. 3.2). Если же расширить переработку аккумуляторного лома, то дефицит свинца в России можно снизить. При выборе технологии должна быть учтена экологическая безопасность, экономическая эффективность, капитальные вложения и возможность организации новых рабочих мест.

Основными техногенными отходами медеплавильных предприятий являются свинец, содержащий пыли плавильных агрегатов и кеки, полученные при сернокислотном выщелачивании. В части кеков со-

Таблица 3.2

Химический состав пылей уральских медеплавильных предприятий (%)

Плавильный агрегат	Zn	Pb	As	Cu	Fe
<i>Среднеуральский завод</i>					
♦ обжиговая печь	11,3	2,1	3,3	9,3	19,8
♦ отражательная печь	6,9	1,5	2,2	11,8	27,5
♦ конвертор	31,7	25,5	2,2	1,7	0,3
♦ печь Ванюкова:					
— грубая пыль	4	0,8	0,4	10	21
— тонкая пыль	12	4,5	1,4	5,5	12
<i>Кировоградский комбинат</i>					
♦ отражательная печь	2,4	2,9	3,5	9,7	18,3
♦ шахтная печь:					
— грубая пыль	25,7	3,8	0,1	12,5	9,7
— тонкая пыль	43,4	4,8	0,1	0,4	1,2
♦ конвертор:					
— грубая пыль	15,7	7,4	0,1	31,4	7,8
— тонкая пыль	38,5	14,2	0,2	1,8	0,2
<i>Красноуральский комбинат</i>					
♦ обжиговая печь	3,8	1,7	4,3	12,2	21,3
♦ отражательная печь:					
— грубая пыль	8,9	3	—	9,9	22,9
— тонкая пыль	21,6	4,1	1,4	3,8	—
<i>Сухоложский завод вторичных цветных металлов</i>					
♦ отражательная печь	48,8	1,3	—	3,3	0,9
♦ индукционная печь	31,2	0,9	—	3,7	0,5

держание свинца составляет примерно до 60% в форме сульфата, до 40% — в форме оксида. Остальной свинец связан в сложные оксидные соединения (силикаты, арсенаты, антимонаты).

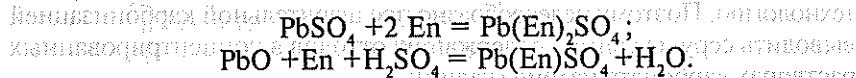
В качестве головной операции переработки свинцовых продуктов используется плавка на черновой свинец с последующим его пирометаллургическим рафинированием, что обеспечивает получение достаточно чистого от примесей металла и высокий процент извлечения свинца.

Но крупномасштабному внедрению пирометаллургических схем препятствуют экологические ограничения по пылеулавливанию и обезвреживанию отходящих газов. Получаемые продукты (шлаки, сьемы, вторичные пыли) требуют доводки.

Нельзя сбрасывать со счетов проводимые исследования гидрометаллургических приемов при переработке вторичного неметаллизированного свинцового сырья. Общие недостатки этих методов — необходимость предварительной водной промывки кеков с образованием значительных количеств токсичных промышленных стоков; затруднение фильтрации пульпы после отмывки, выщелачивания и других операций. Электроэкстракция свинца из загрязненных растворов приводит к образованию губчатых осадков, требующих дополнительного рафинирования; большинство гидрометаллургических операций со свинец содержащими растворами требует дополнительных затрат на безопасное обслуживание. На кафедре металлургии тяжелых цветных металлов УГТУ-УПИ проведены исследования переработки свинцовых, свинцово-оловянных кеков по вариантам:

- ♦ выщелачивание растворами этилендиамина с получением карбоната свинца;
- ♦ выщелачивание свинцово-оловянных кеков в растворах двуназиевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты с получением оловянного концентрата и свинец содержащего раствора, последний направляется на электроэкстракцию свинца;
- ♦ электровыщелачивание свинцовых кеков в растворах сульфаминовой кислоты с получением катодных осадков свинца;
- ♦ восстановительная плавка кеков на черновой свинец с последующим его электролитическим рафинированием во фторборатных и сульфаминовых электролитах;
- ♦ карбонизация кеков содовыми растворами с последующей плавкой и электролитическим рафинированием.

Так как в свинец содержащих кеках имеется значительные количества водорастворимых соединений, то головной операцией их гидрометаллургической переработки является отмывка. Это снижает содержание меди и цинка в кеке, а следовательно, и расход растворителя. При применении раствора этилендиамина (En) сульфат и оксид свинца растворяются в них согласно уравнению:



Для активного растворения оксида свинца необходимо присутствие в растворе серной кислоты или предварительная сульфатизация кеков. В течение 30 мин при температуре 293K в раствор извлекается до 95% свинца. Сульфидные соединения, благородные метал-

лы, оксиды железа, висмута, олова и минералы пустой породы остаются в нерастворимом остатке. Низшие оксиды сурьмы и мышьяка частично переходят в раствор. Это требует применения кислотостойкого оборудования, ухудшает условия труда, увеличивает количество вредных стоков.

Результативным приемом выделения свинца из очищенных растворов этилендиамина является продувка их углекислым газом, что приводит к осаждению карбоната свинца, который после промывки и сушки пригоден для получения чистого оксида свинца, используемого при производстве хрусталя.

При выщелачивании кеков в растворах двуназиевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) растворяются как сульфатная, так и оксидная формы свинца, т.е. можно обойтись без какой-либо предварительной подготовки свинец содержащих техногенных отходов. Характер изменения концентрации свинца в растворе по ходу выщелачивания свидетельствует о том, что скорость процесса со временем замедляется, она определяется плотностью пульпы. Конечное содержание свинца в растворе зависит только от концентрации ЭДТА («емкости» раствора по свинцу составляет около 40 г/дм³). Хорошие результаты достигаются при концентрации ЭДТА 140–150 г/дм³. При растворении сульфата и окиси свинца существует область нестабильных насыщенных растворов, где протекает обратная реакция:



Параллельно происходит кристаллизация трилонатного комплекса свинца, ассоциированного с сульфат-ионом.

Оптимальным способом выделения свинца из трилонатного раствора является электроэкстракция, позволяющая за одну операцию регенерировать растворитель и извлекать из него до 96% свинца. Основным недостатком прямого выщелачивания кеков является накопление в растворе ионов SO_4^{2-} , что негативно сказывается на показателях последующих операций. Вывод сульфат-иона в виде нерастворимого CaSO_4 сопряжен с необходимостью выполнения дополнительных операций и получением гипсового продукта, осложняющего технологию. Поэтому целесообразно предварительной карбонизацией выводить серу из свинец содержащих отходов в концентрированных растворах карбоната натрия (калия):



Хорошие результаты карбонизации достигаются при концентрации Na_2CO_3 150 г/дм³ в течение часа.

К преимуществам этого метода относится экологическая безопасность, и возможность использования аппаратуры из более доступных конструктивных марок стали.

Таким образом, среди отходов отработанных аккумуляторов могут встретиться железо, кадмий, никель, свинец, медь, мышьяк, перхлорвиниловая ткань (сепаратор, изолятор пластин электродов). В составе отработанного электролита щелочных аккумуляторов могут оказаться: едкий калий ГОСТ 9285—59 (KOH) с добавкой лития едкого ГОСТ 8595—83 (LiOH); едкий натр NaOH; сернистый натрий $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; борная кислота H_3BO_3 . Электролитом автомобильных аккумуляторов является серная кислота H_2SO_4 .

Все продукты в отработанных аккумуляторах представляют опасность для ОС и человека. Так, при хроническом воздействии едкого натра на организм человека наблюдается колликационный некроз, а при поступлении внутрь организма — ожоги пищеварительного тракта, экзотоксический ожоговый шок, повторные желудочные кровотечения, механическая асфиксия в результате ожога и отека гортани, реактивный перитонит. В более поздние сроки (через месяц) — рубцовое сужение пищевода, атрофического отдела желудка. Не менее опасным является кадмий.

Примером изучения возможности очистки от свинца сернокислых электролитов отработанных аккумуляторов является анализ ряда проб, взятых из отработанных электролитов. Анализу было подвергнуто 8 проб электролитов (табл. 3.3).

В соответствии с требованиями на электролит для аккумуляторных батарей (ГОСТ 667—73) разведенная свежая серная кислота для заливки в аккумуляторы должна иметь плотность $1,18 \text{ г/см}^3$ (25% мас. = 300 г/л) для аккумуляторов открытого исполнения и $1,210 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$ — для аккумуляторов закрытого исполнения; электролит из работающего аккумулятора соответственно должен иметь плотность $1,205 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$ (28,5% мас. = 340 г/л) и $1,240 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$ (33% мас. = 405 г/л).

Содержание компонентов в пробах колеблется в пределах:

плотность, г/см^3	1,045—1,265;
$[\text{H}_2\text{SO}_4]$, % мас.	7,0—36,0 (70—457 г/л).
Содержание тяжелых металлов, мг/л:	
Pb	2,1—9,5;
Cu	0,2—51,0;
As	0,06—0,15;
Fe	0,8—14,0;
Сумма:	3,16—74,65.

Таблица 3.3
Результаты анализа электролитов отработанных аккумуляторов

№ образца	Плотность, г/см ³	[H ₂ SO ₄], %		Содержание, мг/л				
		плотн.	титр.	As	Pb	Cu	Fe	Сумма
1	1,14		21,0	0,1	4,8	0,2	1,1	6,2
2	1,16	22,67	23,69	0,12	3,5	12,5	8,6	30,92
3	1,20	27,1		0,15	2,8	0,5	0,8	4,25
4	1,265	35,6	35,97	0,14	2,1	0,4	2,3	4,94
5	1,132	19,0		0,08	3,0	2,2	4,8	10,08
6	1,242	33,0	34,54	0,07	3,0	28,8	14,0	45,87
7	1,045	7,0		0,06	3,2	2,1	2,0	7,36
8	1,255	34,0		0,07	9,5	51,0	5,6	66,17

Допустимое содержание тяжелых металлов (мг/л) в разведенной кислоте для заливки в аккумуляторы и электролите из работающих аккумуляторов, рассчитанное в соответствии с требованиями ОКП 11 21.211.0730-09 на кислоту серную I-го сорта ГОСТ 667-73, представлено в табл. 3.4.

Сопоставление данных табл. 3.3 и 3.4 позволяет увидеть, что в образцах проб 2, 6 и 8 отработанных электролитов наблюдается по сравнению с нормативными значениями превышение содержания меди, а содержание As, Pb и Fe находится в пределах нормативов.

Изучение возможности очистки электролита от соединений свинца их соосаждением с осадком сульфата бария доказало эффективность метода. В результате добавления к электролиту раствора соли бария выпадает осадок BaSO₄, играющий роль коллектора и сорбирующий микроколичества PbSO₄:

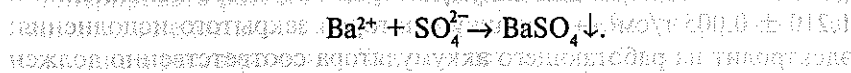


Таблица 3.4
Допустимое содержание тяжелых металлов (мг/л) в разведенной кислоте

Тяжелый металл	[H ₂ SO ₄], % мас.			
	25,0	29,0	28,5	33,0
As	0,39	0,45	0,45	0,52
Pb	49,2	57,177	56,1	64,9
Cu	2,5	2,9	2,85	3,5
Fe	49,2	57,1	56,1	64,9

Таблица 3.5

Результаты отстаивания осадка в течение одних суток

Микропримесь	Содержание, мг/л		% очистки
	исходный	декантат	
Pb	2,1	0,03	98,6
Cu	0,4	0,3	
Fe	2,3	2,3	
As	0,14	0,11	

Достаточное для эффективного соосаждения свинца соотношение концентраций Ba_{2+} и Pb_{2+} составляет 100:1 и может быть уменьшено.

Результаты анализа деkantата электролита 4 (см. табл. 3.3) после введения в него раствора $Ba(NO_3)_2$ (соотношение концентраций Ba_{2+} и Pb_{2+} составляет 100:1) и отстаивания осадка в течение суток, представлены в табл. 3.5, из которой видно, что соосаждение Cu, Fe и As с осадком $BaSO_4$ незначительно.

Образующийся осадок сульфата бария мелкодисперсный: он практически на 100 % проходит через фильтр «красная лента» (размер пор 3,5–10 мкм) и частично — через фильтр «синяя лента» (размер пор 1,0–2,5 мкм). Для отделения осадка может быть использовано фильтрование при пониженном давлении через стеклянные фильтры ПОР 1,0, ПОР 1,6 и ПОР 3 (ГОСТ 9775–69). Процесс седиментации и отстаивания осадка протекает в течение суток. Объем осветленной части электролита после его отстаивания составляет 90–95%.

Превышение нормативного содержания микропримесей в отработанных электролитах достигает 20-кратного (по меди). Содержание Pb, As, Fe находится в пределах допуска.

Очистка электролита от свинца может быть эффективно осуществлена его соосаждением с осадком сульфата бария при соотношении концентраций Ba_{2+} и Pb_{2+} , равным 100:1; размеры частиц осадка $BaSO_4$ не превышают 4–5 мкм; время отстаивания осадка — одни сутки. Соосаждение Cu, As, Fe с осадком $BaSO_4$ незначительно.

Обезвреживание сернокислотных электролитов, в том числе и от соединений меди, может быть осуществлено путем их соосаждения с гидроксидом железа. Принципиальная технологическая схема обеззараживания дана на рис. 3.1.

Непосредственно на производстве применяются разного рода установки регенерации кислот из отработанных травильных растворов.

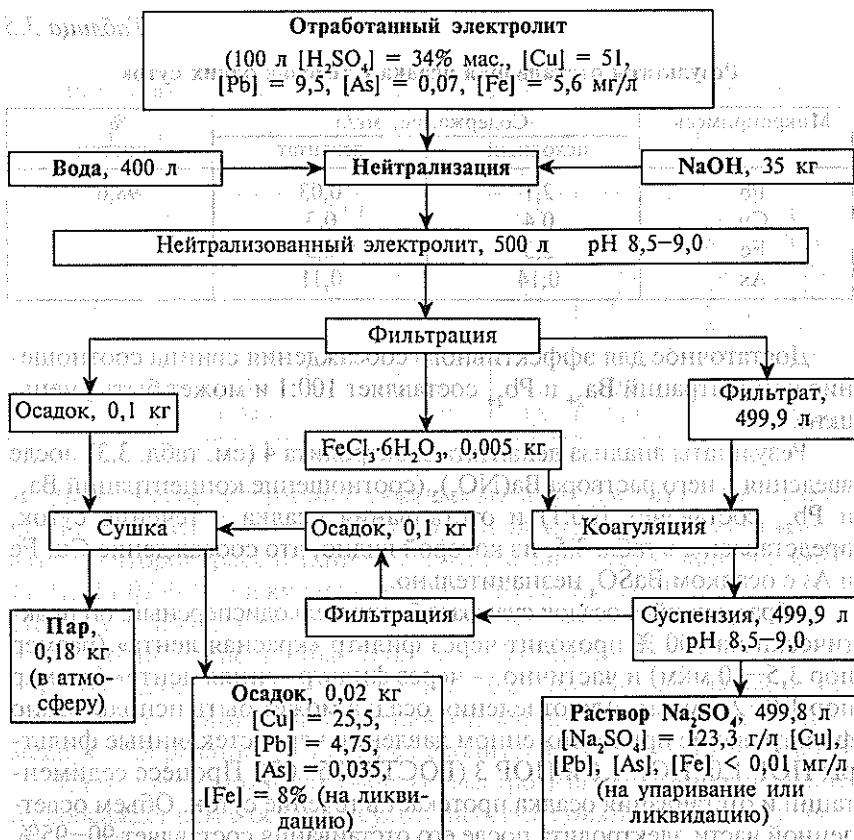


Рис. 3.1. Принципиальная технологическая схема обезвреживания отработанных сернокислотных электролитов

Например, установка АО «Полимерсинтез» предназначена для получения регенерированной соляной кислоты концентрацией 20% мас. Из отработанных травильных растворов, содержащих травильную кислоту (HCl), хлористое железо (FeCl₂, FeCl₃), ПАВ (органические поверхностно-активные вещества), получают кислоту.

Технологическая схема работы установки приведена на рис. 3.2. Основные технические характеристики установки:

- производительность 0,3 м³/ч;
- выход соляной кислоты не менее 90%;

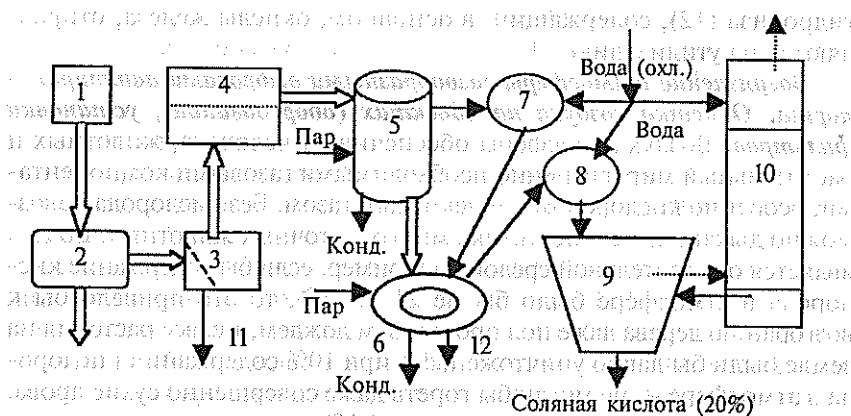


Рис. 3.2. Установка для получения регенерированной соляной кислоты.

- рабочая температура при ультрафильтрации и электрохимическом окислении не превышает 40°C ;
- рабочая температура при гидролизе $165\text{--}170^{\circ}\text{C}$;
- занимаемая площадь 210 м^2 ;
- высота 11 м.

Из ванны травления (1) отработанный травильный раствор через предварительный фильтр (2) подается на фильтрационный модуль (3), где под действием давления $0,3\text{ МПа}$ происходит удаление фракции ПАВ (11) из продуктов травления, которая может быть возвращена в ванну травления или утилизирована. Очищенный от органики раствор поступает в электролизер (4), в котором происходит электрохимическое окисление двухвалентного железа в трехвалентное. Полученный раствор концентрируется в испарителе (5) путем отгона избытка воды (сюда же подается пар) и направляется в реактор-гидролизер (6), в котором на первом этапе происходит дальнейшее концентрирование хлорного железа за счет отгона свободной соляной кислоты (концентрацией до 20% мас.) в сборную емкость (9) через теплообменник (8). Сконденсированный охлажденный продукт (соляная кислота) может быть возвращен в основное производство (в ванну травления). Оставшийся в реакторе (6) продукт подвергается гидролизу под воздействием воды, отогнанной из испарителя (5) и сконденсированной в теплообменнике (7). Образующийся хлористый водород отводится из системы вместе с парами воды, не занятой в реакции гидролиза (10). Сухой остаток после

гидролиза (12), содержащий, в основном, окислы железа, отправляются на утилизацию.

Загрязнение атмосферы газообразными выбросами автотранспорта. Очистка воздуха на объектах (оборудовании), установка фильтров. Воздух атмосферы обеспечивает человека, животных и растительный мир жизненно необходимыми газовыми компонентами, особенно кислородом и углекислым газом. Без кислорода невозможно дыхание, т.е. энергетика многоклеточных животных. Воздух является окислительной средой. Например, если бы содержание кислорода в атмосфере было бы не 21, а 25%, то это привело бы к возгоранию дерева даже под проливным дождем, т.е. все растения на земле были бы давно уничтожены! А при 10% содержании кислорода в атмосфере — не могли бы гореть даже совершенно сухие дрова. Увеличение доли углекислого газа до 0,1% приводит к затруднению дыхания, а выше 4% — вызывает аварийную ситуацию. Даже изменение содержания углекислого газа в атмосфере на тысячные доли процента меняет ее проницаемость для отраженных от земной поверхности тепловых лучей. Парниковый эффект и разрушение озонового слоя вокруг земли вызывают большую тревогу общества.

Озоновый слой атмосферы Земли оберегает все живое от смертельных доз ультрафиолетового излучения солнца. В настоящее время ученые констатируют, что этот слой не только утончается, но в нем появляются огромные по площади дыры. Они возникают все чаще над обширными территориями и существуют от нескольких дней до недель. Избыток ультрафиолета, проникающего через озоновые дыры, увеличивает опасность заболевания раком кожи (снижение общего содержания озона на 1% вызывает рост вероятности заболевания на 2,3%), катаракты, иммунной системы, роста числа вирусных заболеваний. А воздействие ультрафиолета на молекулы наследственности (ДНК) необратимо: прямой поток способен уничтожить все словно лазер. Дальнейшее развитие цивилизации такими же темпами приведет к утоньшению озонового слоя через 30 лет на 20%, что означает гибель фитопланктона, а затем и других клеточных структур. О путях решения этой проблемы существуют разные мнения:

- снизить количество выпуска разрушающих озоновый слой фреонов;
- обеспечить производство в больших количествах (до 30 млн т в год) озона в стратосфере на специальных платформах (до 60 шт.), оснащенных лазерами;
- извлекать атомы хлора из тропосферы с помощью сверхвысокочастотного излучения, идущего от земли.

Сам озон (*греч.* пахнущий) находится не только на больших, но и на малых высотах. Он ощущается по запаху свежести в предгрозовом период, при работе копировальных или лазерных установок, кварцевых ламп, когда его концентрация увеличивается в десятки раз против обычной.

Внутри закрытых помещений озон быстро реагирует с предметами обстановки помещения и стенами, что резко снижает его концентрацию. При больших концентрациях он способен «сжечь» легкие человека, это сильнейший окислитель, а по токсичности превосходит цианистую кислоту. По стандартам ВОЗ ПДК озона в воздухе равна 100 мкг/м³ (при концентрации 200 мкг/м³ появляется кашель и хрипота). Озон в приземном слое может создать зону размером до 1000 км², которая распространяется ветром по параллелям земного шара подобно любому другому загрязнению. Поскольку концентрация озона в приземном слое непрерывно возрастает (до 1% за год), то не за горами еще одна проблема: борьба с озоном в приземном слое атмосферы.

Для обеспечения жизни на Земле должно быть соблюдено относительно постоянное соотношение газового баланса в атмосфере. Наиболее вредными веществами, поступающими в атмосферу, являются диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, твердые вещества и углеводороды (табл. 3.6).

В районах расположения алюминиевых производств наблюдаются значительные загрязнения воздуха фтористым водородом, а в зонах предприятий по производству химического волокна — сероуглеродом.

По данным за 1999 год доля (%) предприятий промышленности ряда отраслей России в общем выбросе в атмосферу составила:

— энергетическая	26,3
— цветная металлургия	17,1
— черная металлургия	14,2
— нефтедобывающая	8,6
— машиностроение	5,7
— нефтеперерабатывающая	5,6
— строительных материалов	4,9
— химическая и нефтехимическая	3,3
— деревообрабатывающая	2,9
— газовая	1,7
— пищевая	1,3
— оборонная	1,2
— легкая	0,6
— микробиологическая	0,3

Таблица 3.6

**Основные загрязнители атмосферного воздуха
и их среднегодовая концентрация (мг/м³)**

Загрязнитель, его среднегодовая концентрация, мг/м³	Источник	Воздействие на окружающую среду
Твердые частицы (пыль, зола), 0,04–0,4	Сжигание до 240 млн т топлива	Снижение видимости; облачность, туманы, смог. Загрязнение материков. Снижение температуры земли при длительном воздействии
Сернистый ангидрид, 0,5–1,0	Сжигание до 175 млн т топлива	Хроническое поражение растений, лесов; снижение урожайности, забо- левание дыхательных путей
Оксиды азота, 0,05–0,2	Окисление азота топлива до 55 млн т в год	Поглощение солнечного света, обра- зование фотохимических смогов, туманов, снижение урожайности, разрушение ряда материалов, лесов, снижение содержания гемоглобина в крови
Оксид углерода, 1–50	Неполное сгорание топлива, до 350 млн т/год	Снижение содержания гемоглобина в крови
Летучие углеводороды, до 3 мг/м³	Неполное сгорание топлива, до 80 млн т/год	Поражение растений при концент- рации выше 0,02 мг/м³, раздражающее действие на глаза

Таким образом, загрязнение воздуха происходит в основном за счет сжигания топлива (в том числе от лесных пожаров), выбросов газов, пепла и пыли (в том числе при извержениях вулканов), разложения органических веществ. Поэтому актуальным является вопрос об эффективном и качественном сжигании топлива в котельных, промышленных печах, агрегатах, двигателях внутреннего сгорания на основе оптимального соотношения топливо — воздух.

Если в 70-х годах доля загрязнений, вносимых автотранспортом в атмосферу, составляла менее 13%, то в настоящее время она достигла 60% и продолжает расти. По данным государственного доклада «О состоянии окружающей среды Российской Федерации в 1998 году» автомобильным транспортом выброшено в атмосферу более 1,1 млн т загрязняющих веществ, из которых на стационарные источники (цеха,

СТО, стоянки) приходится до 10%. В выхлопах автомобильных двигателей содержится более 200 соединений и веществ, большинство из которых токсичны (оксид углерода, углеводы, окислы азота), сажа, свинец, другие продукты сгорания и не сгоревшего окислителя. Газовая смесь выхлопа автомобиля состоит из инертных газов, проходящих через камеру сгорания практически без изменения, твердых частиц (продуктов дегидрирования топлива), металлов и других не сгоревших веществ, оказавшихся в топливе. Окись углерода (CO) образуется в результате неполного сгорания топлива в двигателе.

В двигателях с искровым зажиганием горение начинается в точке разряда и происходит неравномерно (стенки цилиндра двигателя — холодные) и неполно. При этом до 60% выделяющегося углеводорода выбрасывается в атмосферу через выхлопную трубу, до 30% — через карбюратор и до 10% — через топливный бак. Количество вредных веществ в выбросах автомобилей зависит от размеров, возраста, режима работы, качества регулировок, степени нагрева цилиндра (табл. 3.7).

Например, машина, отрегулированная на «богатую» смесь, а также при запуске холодного двигателя «обогащает» атмосферу большим количеством вредных веществ. При торможении процент углеводородов и монооксида углерода увеличивается, а при разгоне автомобиля — увеличивается количество оксидов азота. Поэтому требуется внедрение надежных и быстродействующих систем регулирования состава продуктов сгорания топлива.

Общее экологическое состояние в городах определяется в значительной мере правильной организацией в нем движения автотранс-

Таблица 3.7

Средние величины газообразных выбросов в автомобильных выхлопах (грамм на 1 км пробега)

Вредное вещество	Двигатель внутреннего сгорания	Дизель
Монооксид углерода	60	0,69—2,57
Углеводороды	5,9	0,14—2,07
Оксиды азота	2,2	0,68—1,02
Взвешенные частицы	0,22	1,28
Диоксид серы	0,17	0,47
Свинец	0,49	—
Бензопирен	$14 \cdot 10^{-6}$	$24 \cdot 10^{-6}$

порта. Максимальное выделение угарного газа происходит при торможении, разгоне, маневрировании, при работе автомобиля на режиме холостого хода. Анализ движения автотранспорта в городе указывает, что эти режимы наиболее продолжительны (с постоянной скоростью автобусы в городе движутся менее 9% времени). Таким образом, в городе необходимо обеспечить безостановочное движение транспорта созданием дорожных «развязок», скоростных магистралей с сетью подземных переходов, правильную расстановку светофоров. Даже обеспечение более полного сгорания топлива в двигателе не уменьшает количества взвешенных частиц и оксидов азота. Помощь в решении этого вопроса может оказать улучшение конструкции камер дожигания, модификация топлива и повышение его испаряемости (например, переход на нефтяной газ, но это приводит к появлению целого ряда неудобств иного вида), отказ от использования этилированного топлива. Каталитическое дожигание неэтилированного бензина с помощью платиновых и палладиевых катализаторов можно использовать для превращения углеводородов и монооксидов углерода в диоксид углерода и воду. Использование катализаторов (платина, палладий) для очистки выхлопных газов автомобиля требует значительных затрат. Минимальное содержание СО в выхлопных газах определяется техническим состоянием двигателя, правильной регулировкой карбюратора, качеством используемых смазок и топлива. Содержание токсичных веществ в выхлопных газах автомобилей регламентируется ГОСТ 17.22.03–87. В ходе проверки работы двигателей автомобилей (2000 г.) выявлено, что более 25% автомобилей имеют превышение ПДК окиси углерода в выхлопных газах, в том числе по моделям: «Волга», «Жигули» — 36,5%, «Москвич» — 24%, «Запорожец» — 22%, иномарки — 11,8%, другие — 5,7%. При этом необходимо иметь в виду, что еще у 10% автомобилей содержание СО в выхлопе была равна ПДК.

Большое внимание уделяется разработке новых видов топлива, альтернативных топливу нефтяного происхождения. К такому топливу сформулированы требования: наличие достаточных энергетических ресурсов; возможность массового производства; технологическая и энергетическая совместимость с транспортными силовыми установками; приемлемые токсические и экологические показатели; безопасность и безвредность эксплуатации.

С точки зрения экологической чистоты наиболее перспективным является электромобиль. Проблемы, тормозящие его широкое внедрение (резко удешевить источники электропитания), могут быть со временем решены.

Риск возможного нанесения вреда организму токсическими веществами и соединениями выхлопов зависит от следующих факторов: свойств веществ (физических и химических); интенсивности воздействия токсиканта на конкретный орган человека (мишень) и времени этого воздействия; биологического отклика организма на воздействие токсиканта.

Растворимость токсиканта обуславливает различия в размещении его по организму. Растворимые в биологических жидкостях соединения и вещества быстро разносятся по всему телу, а нерастворимые — задерживаются в респираторном тракте, легочной ткани, лимфатических узлах или проглатываются. Внутри организма эти соединения подвергаются метаболизму, причем токсичность образующихся метаболитов иногда превышает токсичность исходного соединения, а в целом дополняет ее. Баланс между метаболическими процессами, усиливающими или уменьшающими токсичность, является важным фактором чувствительности индивидуума к токсическим веществам.

Вопрос загрязнения ОС автомобильным транспортом необходимо рассматривать в комплексе: производство, обслуживание и ремонт автомобилей, их эксплуатация, производство горючих и смазочных материалов, развитие и эксплуатация дорожно-транспортной сети.

В процессе эксплуатации автотехники наблюдаются вредные факторы:

- ♦ потребление топлива и воздуха, выделение вредных выхлопных газов;
- ♦ выброс продуктов истирания шин и тормозов;
- ♦ материальные потери и жертвы в результате транспортных происшествий, аварий и катастроф;
- ♦ использование специальных солевых составов для поддержания дорожной сети в работоспособном состоянии.

Все большие площади земель отчуждаются под транспортную дорожную сеть, гаражи, стоянки, инфраструктуры сервисного обслуживания, мойки автотранспорта.

Объемы загрязнений ОС достигли такого уровня, что во весь рост встала задача очистки промышленных выбросов в атмосферу. В соответствии с требованиями санитарных норм вредные выбросы, содержащие пыль, вредные газы и пары, должны быть подвергнуты очистке перед выбросом в атмосферу. Применяемые методы очистки

очень разнообразны, отличаются конструкцией оборудования и технологией обезвреживания в зависимости от конкретных условий:

- ♦ количества и состава выбросов;
- ♦ эффективности очистного оборудования;
- ♦ возможности использования изъятых из выбросов продуктов.

Очистка воздуха от пыли или тумана выполняется:

- ♦ в механических пылеуловителях (пылеотстойники, пылесоса-дожные камеры, инерционные пылебрызгоуловители, циклоны) — для грубой предварительной очистки;
- ♦ в мокрых пылеуловителях (полых, насадочных или барботажных скрубберах, пенных аппаратах, трубах Вентури), которые более эффективны, чем сухие пылеуловители;
- ♦ в фильтрах волокнистых, ячеяковых, с насыщенными слоями зернистого материала, масляных, рукавных;
- ♦ в электрофильтрах, являющихся аппаратами тонкой очистки газов от пыли (наиболее эффективны).

Необходимой степени очистки достигают в комбинированной установке, состоящей из нескольких ступеней с разными аппаратами. Промышленные газообразные отходы, содержащие токсические вещества, очищают в специальных промывных камерах или адсорбционных очистителях с последующим дожиганием (конденсационная очистка, термическое или каталитическое дожигание). Чаще применяются абсорбционный и адсорбционный методы очистки.

Мировой опыт показывает, что наилучшее решение проблемы регулирования соотношения топливо—воздух на основе комбинированного измерения содержания кислорода и оксида углерода в продуктах сгорания с учетом технологического изменения нагрузки, состава топлива, температуры топлива и воздуха, климатических параметров и других условий, определяющих режим горения топлива (система «Факел-1», Санкт-Петербург).

Количество вредных веществ, поступающих от антропогенных источников, и их концентрация во многих регионах превышает безопасные уровни. По данным «Ежегодника состояния загрязнения воздуха и выбросов за 1999 г.» в России в качестве источников выбросов в атмосферу учтены 18 386 предприятий в 448 городах. Данные о суммарных выбросах загрязняющих веществ в атмосферу по всей территории Российской Федерации приведены в табл. 3.8.

В настоящее время остро встала проблема считавшегося ранее «неопасным» ДИОКСИНА. Он оказался самым опасным из ядов, от-

Таблица 3.8

**Выбросы в атмосферу основных загрязняющих веществ
по территории Российской Федерации**

Источник загрязнения	Фактические выбросы, млн т в год					
	1980	1987	1989	1993	1995	1999
Промышленность	41,1	39,4	36,3	31,8	26,3	29,6
Автотранспорт	20,1	18,1	18,4	17,3	17,3	18,2
Твердые отходы	9,7	8,8	7,9	6,4	5,2	6,3
Всего отходов	70,9	66,3	62,6	54,5	48,8	49,1
Всего CO ₂	25,2	23,5	23	21	20	21,4
в том числе от:						
— промышленности	9,2	9,2	8,4	7,6	6,5	6,7
— автотранспорта	16	14,3	14,6	13,4	13,5	14,7

крытых человеком, токсичнее цианидов, кураре, боевых ОВ. Диоксин — это не одно конкретное вещество, а целый класс химических соединений, образующихся обычно в кислородной среде из бензольных колец в присутствии хлора или брома, особенно при высокой температуре. В 50-х годах ученые заподозрили, что виновником многих болезней является диоксин, и потерей своего здоровья многие из них это доказали. Поставляют диоксины в окружающую среду предприятия по очистке графита, изготавливающие гербициды, бензины, целлюлозно-бумажные, электролизные заводы. Возникают диоксины и при сжигании мусора, утилизации хлорсодержащих отходов, при пожарах на электростанциях. Действие этого яда при значительной концентрации на человека ужасно: многие умирают сразу, а у оставшихся в живых появляются незаживающие язвы на теле, психическое расстройство, злокачественные опухоли. Даже незначительные дозы диоксина приводят к рождению детей-уродцев, катастрофическому падению иммунитета. Это очень устойчивые соединения (выдерживают нагрев до 1200°С, имеют период полураспада до 20 лет).

Накапливается диоксин в печени, вилочковой железе, кровеносных органах, подавляя иммунную систему, вызывая мутации, злокачественные опухоли. Содержание диоксинов в продуктах, жидкостях и воздухе необходимо ограничить. Для питьевой воды концентрация диоксинов не должна превышать 20 пг/л (1 пг = 10⁻¹²г). Обнаружить такое количество вещества можно, только используя очень чувствительные и чрезвычайно дорогие приборы. Смертельная доза диоксина для человека по размерам не превышает 1/3 таблетки аспирина. В 1995 г. в систему водоканала г. Уфы попали фенолы. Их

взаимодействие с хлорированной водой привело к образованию диоксинов и массовому отравлению населения. В России аттестовано 6 лабораторий, проводящих анализы диоксинов.

Диоксины были основным поражающим элементом химической войны США во Вьетнаме, над территорией которого распылено свыше 45 млн л дефолианта, при производстве в котором образуется диоксин. Это причина огромного количества жертв и пострадавших от применения «неопасных» дефолиантов. Многие из пострадавших и сейчас расплачиваются за это здоровьем своим и детей. За медицинской помощью обратилось свыше 60 000 бывших военнослужащих США с жалобами на резкое ухудшение здоровья, появление «хлорной сыпи» и злокачественных образований на коже, сильные головные боли, болезни желудочно-кишечного тракта, печени, нарушение координации движений. Специалисты здравоохранения подтверждают связь этих заболеваний с воздействием химических веществ. По данным США у 538 бывших солдат, имевших контакт с диоксином, родилось 77 детей-калек (глухие, слепые), но особенно плачевны эти последствия для Вьетнама.

Совместное воздействие диоксина и радиации приводят к резкому усилению негативных последствий. Так, суммарное воздействие 10 ПДД лучевого облучения и 10 ПДК диоксина эквивалентно действию 40–60 ПДД.

Способ очистки газового потока зависит от факторов: вида улавливаемых веществ; используемого оборудования; его состава; имеющихся ресурсов; параметров входного и выходного потока; степени влияния на основное производство и режим эксплуатации; варианта использования газового потока.

Большая доля выбросов в атмосферу, особенно в крупных городах, приходится на отходы транспорта. Независимо от специфики промышленного производства вблизи автомагистралей фиксируется наличие кадмия, свинца, селена в концентрациях, превышающих фоновые более чем в два раза.

Основные методы и способы очистки газовых потоков классифицируются по многим принципам.

1. Методы удаления твердых тел способами:

- а) использования механических осадителей в виде:
 - камер с заслонками, горизонтальными полками, лабиринтами, с наклонными полками;
 - циклонов-осадителей с тангенциальным входом, с осевым входом, групповые циклоны;

- параллельных или последовательных мультициклонов;
- б) применения мокрых инерциальных пылеуловителей с:
 - классификацией по конструкции — скрубберы с насадками, тарелочные скрубберы, скрубберы с предварительным распылением (скруббер Вентури, брызгальные и противоточные скрубберы, барботажные и пенные аппараты);
 - различными типами осаждения (гравитационные, центробежные, инерционные);
- в) фильтрации с делением по:
 - материалу фильтра (тканевые, зернистые, волокнистые);
 - состоянию насыпного слоя (неподвижный,двигающийся,орошаемый);
 - виду конструкции (рукавные, плоская развернутая ткань, клиновые, каркасные, рамные);
 - способу регенерации ткани (обратная продувка, встряхивание);
 - количеству секций в установке (одно- или многосекционные);
- г) электрофильтрации с классификацией по:
 - количеству зон осаждения (одно- или двухступенчатые);
 - виду сечения (трубные, прямоугольные);
 - способу очистки (мокрые или сухие);
 - диапазонам рабочих температур.

2. Методы удаления газообразных загрязнений способами:

- а) абсорбции:
 - по видам очищаемых газов;
 - по видам адсорбентов (вода, щелочной раствор, мало летучие органические жидкости, гранулированные оксиды железа и цинка, сульфиды кобальта, никеля и молибдена, известь, известняк);
 - по характеру использования жидкостей (однократная, регенерация);
 - по конструкции оборудования (абсорберы с насадками, скрубберы Вентури и брызгальные, мокрые электрофильтры, колонны с отражателем и тарельчатые);
- б) адсорбции:
 - по видам очищаемых газов (сильный запах, токсичные, радиоактивные, взрывопожароопасные);
 - по видам адсорбентов (активированный уголь, оксидные и

кремнийсодержащие, импрегнированные сорбенты с пропиткой);

- по видам оборудования (сменные контейнеры, с адсорбентом, адсорбенты с тонкими и высокими слоями, адсорбенты с движущимся сорбентом и с сжиженным слоем, камеры с хромографической очисткой);

в) конденсации:

- по видам очищаемых газов;
- по конструкции оборудования (с охлаждением при непосредственном контакте или при косвенном контакте);

г) дожигания:

- по видам очищаемых газов;
- по типам горелок (с регулируемой подачей топлива, многострунные, с предварительным смешиванием, форсунки);
- по видам топлива (нефть, газ);

д) химическими:

- по видам очищаемых газов;
- по характеру процесса (некатолитическое восстановление добавками аммиака, селективное католитическое восстановление, облучение потоком электронов с добавлением аммиака).

Мероприятия по предотвращению выбросов в атмосферу можно разделить на группы:

- ♦ усовершенствование технологических процессов;
- ♦ применение более современных конструкций технологического оборудования и агрегатов;
- ♦ модернизация методов пылеулавливания;
- ♦ герметизация агрегатов, оборудования, продуктопроводов;
- ♦ подавление процессов образования вредных веществ;
- ♦ рециркуляция тепловых и материальных потоков в технологических схемах;
- ♦ предварительная термоподготовка топлива.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГИДРОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ И БЫТОВЫМИ СТОКАМИ. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Требования к качеству воды для обеспечения жизнедеятельности человека. Вода один из важнейших элементов природных ресурсов, состоящий из Мирового океана (93,6%), подземных вод (4%), льда и снега (2%), рек, озер и болот (0,4%). Она является основным компонентом растительного и животного мира, а также средой их обитания. Человек и животный мир должны быть обеспечены пресной питьевой водой, отвечающей по своему составу требованиям действующих на данный момент стандартов. Употребление воды, не соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, является прямой угрозой массовых заболеваний населения, повышенной смертности, способствует обострению социальной обстановки и может сделать невозможной жизнь последующих поколений. Инфекционная заболеваемость населения, связанная с водоснабжением, достигает 0,5 млрд случаев в год, что ставит проблему гигиены воды первоочередной. Но в производстве продуктов питания, в медицине и во многих отраслях промышленности требуется вода особой чистоты. Эта задача встала в ряд глобальных.

Вода, являясь кровью земли, вездесуща в природном мире — биосфере, геосфере, атмосфере. Она наиболее чутко реагирует на изменения в природных процессах.

Поверхностные воды. В природных условиях в воде всегда растворены соли, газы и органические вещества, количественный состав

которых меняется в конкретных условиях. Патогенные микробы попадают в водоисточники с выделениями людей и животных. Наиболее подвержены бактериальному заражению поверхностные водоемы со стоячей водой и в перенаселенных урбанизированных районах. Особенно опасны необеззараженные стоки инфекционных и ветеринарных больниц, предприятий по переработке животного сырья, сбросы с речных судов. Заражение человека животными паразитами (гельминтами, или глистами) может произойти при попадании их яиц в кишечник (аскариды, власоглав, острицы) как непосредственно с водой, так и через промежуточного хозяина (рачки-циклопы, рыбопродукты).

Суущественную лепту в загрязнение водоемов вносит водный транспорт (нефтепродукты, пищевые отходы, сброс фекальных и технических вод).

Создание искусственных водохранилищ приводит к подъему уровня грунтовых вод, т.е. подтоплению и заболачиванию территорий. Это ухудшает условия аэрации почв, корнеобитаемой зоны, приводит к гибели деревьев, выходу из нор и гибели животных-землероев, увеличению влажности приземного слоя атмосферы, появлению в подвалах комаров и плесневых грибов.

Следствием осушения болот для увеличения посевных площадей является увеличение скорости разложения торфа до 15 см/год, что приводит к загрязнению дренажных и речных вод органикой, снижению в них содержания кислорода и гибели гидробионтов, болотным и лесным пожарам.

Добыча песка и строительных материалов со дна рек, углубление их фарватера и другие гидротехнические работы резко изменяют взаимоотношения поверхностных и подземных вод. Снижая сопротивление ложа реки, они приводят к облегчению попадания подземных вод в реку. Если поступающие в реку грунтовые воды загрязнены (в крупных городах, на промышленных и сельскохозяйственных объектах), то происходит загрязнение реки. Вспашка (особенно целинных земель) резко сокращает поверхностный сток и увеличивает подпочвенный. Это приводит к снижению питания мелких озер. Площадь их зеркала сокращается, берега высыхают и засоляются, а соль ветром разносится, происходит засоление почвы. Из-за воздействия напора подземных вод на берега происходит их сползание или оплывание, что приводит к оползням, смыву почвы, развитию береговой эрозии, изменению ландшафта и условий обитания живых существ.

Стандарт России на качество питьевой воды включает 30 обязательных показателей. ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), рекомендует учитывать более 100 показателей. Исследования, проведенные московским НИИ им. Ф. Ф. Эрисмана, показали, что в питьевой воде наиболее часто превышают регламентируемые величины: железо (до 80%), суммарные органические соединения по величине перманганатной окисляемости (49%), цветность (47%), мутность (40%), фенолы (32%), марганец (29%), алюминий (15%), нефтепродукты (11%), формальдегиды, капролактамы, циклогексанон (5%).

Алюминий является третьим по распространенности химическим элементом в земной коре (8,8%) после кислорода и кремния. Из-за высокой реакционной способности он находится в природе в виде различных соединений (например, боксит, содержащий до 60% глинозема, т.е. оксида алюминия Al_2O_3), не растворимых в воде при кислотности pH 6–8.

В почвенном растворе алюминий находится в виде ионов Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, которые, начиная с концентрации 20 мг/кг почвы, оказывают токсичное действие на многие виды растений. Одним из механизмов вредного действия алюминия на растения является реакция гидролиза, служащая источником почвенной кислотности. ПДК алюминия в питьевой воде составляет 0,5 мг/л. После 1970 г. взгляды на токсичность алюминия изменились в свете проведенных исследований: при введении растворов солей алюминия группе животных установлены изменения в их головном мозге, аналогичные тяжелой форме старческого слабоумия человека (болезнь Альцгеймера). Ученые давно предостерегают от излишнего увлечения алюминиевой посудой.

Обладая свойствами универсального растворителя, вода постоянно несет огромное количество различных элементов и соединений. Состояние воды характеризуется химическим составом добавок, содержанием солей, составом взвешенных частиц, температурой (табл. 4.1, 4.2).

При концентрации солей менее 1 г/кг вода считается пресной, до 25 г/кг — солоноватой, более 25 г/кг — соленой. Экспериментальные и медико-клинические исследования доказали неблагоприятное влияние на организм жесткости воды, вызываемой суммарным содержанием в ней солей кальция и магния.

которых меняется в конкретных условиях. Патогенные микробы попадают в водоисточники с выделениями людей и животных. Наиболее подвержены бактериальному заражению поверхностные водоемы со стоячей водой и в перенаселенных урбанизированных районах. Особенно опасны необеззараженные стоки инфекционных и ветеринарных больниц, предприятий по переработке животного сырья, сбросы с речных судов. Заражение человека животными паразитами (гельминтами, или глистами) может произойти при попадании их яиц в кишечник (аскариды, власоглав, острицы) как непосредственно с водой, так и через промежуточного хозяина (рачки-циклопы, рыбопродукты).

Существенную лепту в загрязнение водоемов вносит водный транспорт (нефтепродукты, пищевые отходы, сброс фекальных и технических вод).

Создание искусственных водохранилищ приводит к подъему уровня грунтовых вод, т.е. подтоплению и заболачиванию территорий. Это ухудшает условия аэрации почв, корнеобитаемой зоны, приводит к гибели деревьев, выходу из нор и гибели животных-землероев, увеличению влажности приземного слоя атмосферы, появлению в подвалах комаров и плесневых грибов.

Следствием осушения болот для увеличения посевных площадей является увеличение скорости разложения торфа до 15 см/год, что приводит к загрязнению дренажных и речных вод органикой, снижению в них содержания кислорода и гибели гидробионтов, болотным и лесным пожарам.

Добыча песка и строительных материалов со дна рек, углубление их фарватера и другие гидротехнические работы резко изменяют взаимоотношения поверхностных и подземных вод. Снижая сопротивление ложа реки, они приводят к облегчению попадания подземных вод в реку. Если поступающие в реку грунтовые воды загрязнены (в крупных городах, на промышленных и сельскохозяйственных объектах), то происходит загрязнение реки. Вспашка (особенно целинных земель) резко сокращает поверхностный сток и увеличивает подпочвенный. Это приводит к снижению питания мелких озер. Площадь их зеркала сокращается, берега высыхают и засоляются, а соль ветром разносится, происходит засоление почвы. Из-за воздействия напора подземных вод на берега происходит их сползание или оплывание, что приводит к оползням, смыву почвы, развитию береговой эрозии, изменению ландшафта и условий обитания живых существ.

Стандарт России на качество питьевой воды включает 30 обязательных показателей. ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), рекомендует учитывать более 100 показателей. Исследования, проведенные московским НИИ им. Ф. Ф. Эрисмана, показали, что в питьевой воде наиболее часто превышают регламентируемые величины: железо (до 80%), суммарные органические соединения по величине перманганатной окисляемости (49%), цветность (47%), мутность (40%), фенолы (32%), марганец (29%), алюминий (15%), нефтепродукты (11%), формальдегиды, капролактамы, циклогексанон (5%).

Алюминий является третьим по распространенности химическим элементом в земной коре (8,8%) после кислорода и кремния. Из-за высокой реакционной способности он находится в природе в виде различных соединений (например, боксит, содержащий до 60% глинозема, т.е. оксида алюминия Al_2O_3), не растворимых в воде при кислотности pH 6–8.

В почвенном растворе алюминий находится в виде ионов Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, которые, начиная с концентрации 20 мг/кг почвы, оказывают токсичное действие на многие виды растений. Одним из механизмов вредного действия алюминия на растения является реакция гидролиза, служащая источником почвенной кислотности. ПДК алюминия в питьевой воде составляет 0,5 мг/л. После 1970 г. взгляды на токсичность алюминия изменились в свете проведенных исследований: при введении растворов солей алюминия группе животных установлены изменения в их головном мозге, аналогичные тяжелой форме старческого слабоумия человека (болезнь Альцгеймера). Ученые давно предостерегают от излишнего увлечения алюминиевой посудой.

Обладая свойствами универсального растворителя, вода постоянно несет огромное количество различных элементов и соединений. Состояние воды характеризуется химическим составом добавок, содержанием солей, составом взвешенных частиц, температурой (табл. 4.1, 4.2).

При концентрации солей менее 1 г/кг вода считается пресной, до 25 г/кг — солоноватой, более 25 г/кг — соленой. Экспериментальные и медико-клинические исследования доказали неблагоприятное влияние на организм жесткости воды, вызываемой суммарным содержанием в ней солей кальция и магния.

Таблица 4.1

Антропогенные процессы загрязнения воды

Процесс	Главные загрязнители	Особенности процесса
Сток с промышленных регионов	Нефтепродукты, СПАВ, фенол, органика, соединения серы, алюминия, хлора, радионуклидов (взвеси, микроорганизмы, тепловыделения)	Практически равномерное загрязнение территории всего региона
Сток с сельскохозяйственных регионов	Пестициды, ядохимикаты, СПАВ, азот, фосфор, нефтепродукты, металлы, радионуклиды (в виде взвесей, растворов, микроорганизмов)	Практически равномерное загрязнение территории всего региона
Выпадение атмосферных осадков	Кислоты, металлы, радиоизотопы, пестициды, микроорганизмы	Зависит от интенсивности выпадения осадков по региону
Выбросы токсичных и радиоактивных веществ	Тяжелые металлы, радиоактивные изотопы, ядохимикаты, пестициды, хлор и его соединения	Залповые выбросы разной интенсивности локально или по всему региону
Аварии нефтепроводов, танкеров	Нефтепродукты	Залповые выбросы разной интенсивности локально или в регионе
Добыча полезных ископаемых	Металлы, РН, сульфаты, хлориды, углеводороды, соединения фосфора (взвеси, газы)	Практически равномерное загрязнение территории всего региона

Высокая жесткость воды провоцирует развитие мочекаменной болезни. Предполагается, что воды с низким содержанием солей жесткости способствуют развитию сердечно-сосудистых заболеваний.

Повышенное содержание нитратов способствуют образованию в крови метгемоглобина, препятствующего нормальному окислительному процессу в организме. Это приводит к тяжелому заболеванию — метгемоглобинемии (токсическому цианозу).

Таблица 4.2

Природные процессы загрязнения воды

Процесс	Главные загрязнители	Особенности процесса
Вулканическая и флюидная активность Земли	Газы, взвеси соединений серы, хлора, фтора, азота, фосфора, металлов, радионуклидов, углеводородов; тепловыделения	Постоянное действие пульсационного характера с залповыми выбросами глобального или регионального масштаба
Физико-химическое взаимодействие с горными породами	Металлы, радионуклиды, соединения серы, хлора, азота, фосфора (растворы, газы, твердые взвеси)	Равномерное постоянное действие глобального характера
Биологическая активность	Массовое разложение водорослей и планктона, «замор» рыбы, металлоорганические соединения (метил-ртуть и др.)	Равномерное постоянное действие, иногда с бурными вспышками глобального характера

Вызывают опасения и нитрозамины — вещества, образующиеся при взаимодействии нитратов с алифатическими и ароматическими аминами. Нитрозамины, активно проникая в воду, хорошо в ней растворяясь и имея высокую стабильность, являются активными канцерогенами.

Одним из важнейших показателей качества природной воды является содержание в ней фтора. Попадая в клетки растений или организм, фтор взаимодействует с многими химическими элементами (железом, марганцем, никелем), образуя комплексные соединения, которые депрессируют ферменты. Отрицательное влияние наблюдается как при недостатке фтора в воде, так и при его избытке. Недостаток фтора в рационе способствует развитию кариеса зубов. Концентрация фтора выше 1,5 мг/л ведет к увеличению риска флюороза зубов, а еще большая концентрация — вызывает флюороз скелета типа остеосклероза и тугоподвижность суставов (эту болезнь медики ставят в один ряд с раком). Флюороз проявляется в появлении пятен и эрозии зубной эмали, повышением стираемости и хрупкостью зубов. Обеспечение номинальной концентрации фтора в питьевой воде связано со сложностью и дороговизной существующих техно-

логий. В настоящее время самыми распространенными реагентами для удаления фтора являются соли алюминия (вред которого уже рассмотрен), но при этом необходимо учитывать и другие качественные показатели: концентрацию сульфатов, щелочность, общее содержание. Рассматривается вопрос об использовании в качестве реагента оксида магния: он не представляет вреда для здоровья, более дешев, упрощает схему процесса, быстро и хорошо растворяется, эффективно дефторировывает воду.

Можно считать перспективным использование как реагента для дефторирования воды оксида кальция. Этот метод наименее вреден для здоровья людей, но менее удобен технологический процесс дефторирования: требуется контроль жесткости воды по кальцию и магнию.

Грунтовые (подпочвенные) воды. В целях хозяйственно-бытового водоснабжения огромную роль играет добыча подземных вод. При значительном заборе воды (для нужд крупного города) за стенками скважин уровень подземных вод снижается. Размеры такой области (глубина и радиус воронки) тем значительней, чем больше отбор подземных вод. Воронки от нескольких скважин, накладываясь друг на друга, могут образовывать зоны депрессии, которые, достигнув реки, стабилизируются. Примером такого положения является ситуация в центральной части московского артезианского бассейна, где работа множества водозаборов в течение 100 лет создала область депрессии площадью более 15 000 км². Это привело к тому, что артезианские воды пополняются из рек (часто уже загрязненной водой), полноводность которых резко снизилась (например, Москва-река теряет до 30% своего стока на пополнение артезианских вод). Причины загрязнения подземных вод почти полностью антропогенные. В них проникает фильтрат (токсическая жидкость, насыщающаяся на свалках) с более 100 зарегистрированных свалок только в границах Москвы (200 свалок в области, не считая собственной свалки в каждом селе и садовом товариществе). Не уступает по масштабам заражения подземных вод и сельское хозяйство. Например, в окрестностях г. Звенигорода под Москвой в некоторых сельских колодцах вода содержит нитратов до 200 мг/л (ПДК = 45 мг/л). Состав фильтрата примерно одинаков со всех свалок: повышенная до 20 г/л минерализация, высокое содержание хлоридов и сульфатов, органических кислот (гуминовые, молочная, уксусная, пировиноградная), тяжелых металлов, бактериологическое и гельминтозное загрязнение. Внутри свалки происходят процессы гниения и брожения, т.е. разложение органики. Конечными продуктами этих реакций яв-

ляются: тепло, вода и биогаз (диоксид углерода, метан). Свалка разогревается, что приводит к самовоспламенению биогаза. Существенным добавлением к этому являются протекающие продуктопроводы, резервуары, стоки гаражей всех видов, проливы вредных продуктов на подъездных путях при перегрузках.

На погонный метр автомагистралей за зиму высыпают до 60 кг соли (Москва в среднем ежегодно тратит на борьбу с гололедом более 300 000 т соли), а хлориды натрия практически не задерживаются почвой, обедняют почву щелочноземельными элементами, ухудшают ее структуру. До 70% резервуаров автозаправочных станций протекают! Нельзя сбрасывать со счетов и протекающие системы канализации. Воздействие «блуждающих» токов (в частности от наземного электрического транспорта и линий электропередач высокого напряжения) на подземные воды придает им большую агрессивность и коррозионную способность к металлическим и бетонным конструкциям. В крупных городах остро стоит проблема кладбищ, загрязняющих (при неправильном выборе местоположения) подземные воды азотосодержащими веществами и микроорганизмами.

Подземные выработки глубиной более километра от добычи полезных ископаемых приводят к провалам и даже землетрясениям, нарушению путей подземного движения воды, снижению уровня грунтовых вод. Например, на Березовском месторождении бурого угля (КАТЭК) для осушения карьера была сделана глубокая шахта, сдренировавшая три водоносных горизонта. В результате в деревни района стали привозить воду или осуществлять ее добычу с глубины 100 м, а окрестная растительность усыхает.

Для обеспечения управления подземными водами применяются методы:

- ♦ охрана проведением комплекса запретительных мер, направленных на профилактику негативных изменений подземных вод (зонирование территорий, санитарная охрана водозаборов, выполнение требований действующего ГОСТ, санитарных и строительных норм и правил);

- ♦ защита подземных вод обеспечивается проведением комплекса инженерно-технических мероприятий на всех компонентах экосистемы с целью ограничения в пространстве и времени негативного влияния загрязнений от хозяйственной деятельности (искусственное пополнение запасов подземных вод; изоляция источника загрязнения их с помощью экранов, дренажей; локализация пятна загрязненных подземных вод созданием отвлекающих водозаборов, разного рода завес);

♦ реабилитация подземных вод должна обеспечить возвращение им экологически приемлемых свойств и качеств с использованием профилактических мер в сочетании с инженерными, биологическими, химическими, социальными.

Комплексным показателем, характеризующим систему водоснабжения объекта экономики, является степень ее изолированности (доля повторного использования воды). На современных предприятиях нефтехимии и нефтепереработки этот показатель достигает 90%, в черной металлургии — 80%, в целлюлозно-бумажной промышленности — 60%.

Важным фактором при определении последствий загрязнения является знание времени самоочищения сточных вод:

- ♦ в мировом океане 2500 лет;
- ♦ подземных вод 1400 лет;
- ♦ почвенной влаги 1 год;
- ♦ воды озер 17 лет, болот 5 лет, в руслах рек 16 дней, в живых организмах — несколько часов;
- ♦ влаги в атмосфере 10 дней.

По характеру воздействия деятельности человека на режим, ресурсы и качество водных богатств можно указать на три группы факторов:

- 1) непосредственное прямое изъятие воды, сброс сточных вод или преобразование морфологических элементов и водоемов (создание в руслах рек разного назначения водоемов, прудов; спрямление русел рек);
- 2) воздействие на водный объект изменением поверхности и состояния его водосбора (мелиорация, осушение болот, вырубка или посадка лесов, урбанизация);
- 3) воздействие на основные элементы влагооборота в пределах конкретных речных водосборов изменением климатических характеристик в глобальном или региональном масштабе.

Состояние гидросферы и водопользование. В современном мире наблюдается стремительное истощение и загрязнение водных ресурсов Земли. Уже более миллиарда человек лишено здорового водоснабжения (Азиатско-Тихоокеанский регион, бассейны рек Нила, Тигра и Евфрата, южные республики бывшего СССР). Достаточно сказать, что для создания 1 г живого вещества требуется 100 г воды.

О ситуации на реках «цивилизованной» Европы можно судить по бассейну Дуная, где проживает 80 млн человек. За год в него сбрасывают 3000 т никеля, 14 000 т марганца, 500 т цинка, 36 000 т нефтепродуктов, огромное количество хлора, нитратов, пестицидов. Агрессия стран НАТО против Югославии многократно увеличила эти сбросы, особенно за счет химикатов и нефтепродуктов. Только 1 г нефти в реке способен полностью погубить жизнь в 1 м³ ее объема. Об этом же свидетельствует исчезновение до 30% количества и многочисленные заболевания рыб в реках восточной части Европы.

Из водопользования необходимо выделить хозяйственно-питьевое, лечебное, курортное, оздоровительное, для сельскохозяйственных нужд, промышленное, гидроэнергетическое; использование как рыбохозяйственное, в качестве транспортных линий и для сточных вод. Кругооборот воды в процессе ее использования представлен на рис. 4.1.

Великая река Волга за год несет до 300 млрд м³ отравленной воды, которая без глубокой предварительной очистки не может быть использована ни для каких целей. Такова же судьба многих других рек (Десны, Дона, Кубани, Невы, Печоры). На грани экологической гибели уникальное озеро Байкал, где сосредоточено $\frac{1}{3}$ всех мировых запасов чистой пресной воды.

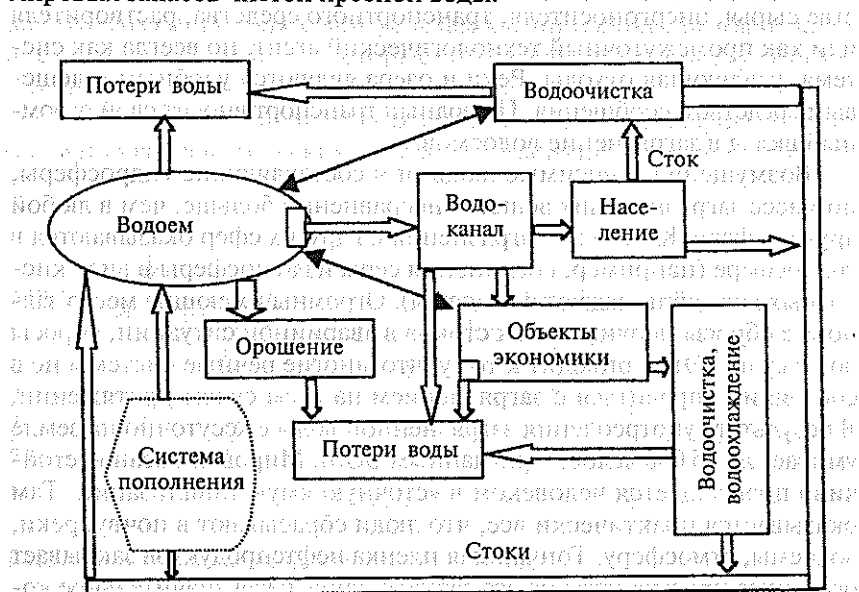


Рис. 4.1. Типовая схема водопользования.

Наблюдающееся во всем мире обмеление рек и даже исчезновение малых рек, ручьев и родников тесно связано с нарушениями их стоков (обычно из-за снижения скорости) и ростом содержания в воде загрязнений и переносимых примесей, взвесей и мусора. Этому способствуют постройки гидротехнических сооружений на реках; увеличение отбора воды для нужд хозяйственной деятельности, которая обычно не возвращается в район водозабора; поступающие в реку загрязнения, как с притоками, так и с ливневыми стоками. Свою лепту вносят сюда и чрезвычайные ситуации, которые приводят к разрушениям емкостей с опасными веществами (например, тушение пожаров на нефтепредприятиях с применением большого количества воды).

Обмеление малых рек вызывается также ростом донных наносов, ивовых зарослей по берегам рек, размножением придонных водорослей, деградацией берегов рек, прибрежных лугов, болот. Уничтожение болот приводит к выключению природного механизма самоочистки и регулирования попадания паводковых и дождевых вод, т.е. наблюдается прямой доступ в реку стоков с ферм, полей и других прибрежных объектов.

Вода в хозяйственном использовании и быту выступает в качестве сырья, энергоносителя, транспортного средства, растворителя или как промежуточный технологический агент, но всегда как система, удаляющая отходы. Реки и озера являются удобным и дешевым средством сообщения. Но водный транспорт вносит свой огромный вклад в загрязнение водоемов.

Возмущения, вносимые людьми в составляющие гидросферы, по массе загрязняющих веществ несравненно больше, чем в любой другой сфере. К тому же загрязнения из других сфер оказываются в гидросфере (например, соединения серы из атмосферы в виде кислотных дождей попадают в водоемы). Огромны имеющие место залповые сбросы неочищенных стоков в аварийной ситуации, сбросы вод с судов. Это приводит к тому, что многие речные системы не в состоянии справиться с загрязнением на всем своем протяжении. В результате употребления загрязненной воды ежедневно на земле умирает до 25 000 человек (по данным ВОЗ). Мировой океан настойчиво превращается человеком в «сточную яму» цивилизации. Там оказывается практически все, что люди сбрасывают в почву, реки, водоемы, атмосферу. Тончайшая пленка нефтепродуктов закрывает огромные пространства на его зеркале, уничтожая значительное количество живых организмов, изменяя процесс испарения, отравляя планктон.

Отдельные химические элементы сбрасываются в таких количествах, что водные системы не в состоянии их переработать (ртуть, кадмий, мышьяк, свинец, селен). Наибольшее количество загрязнителей поступает в гидросферу от объектов нефтеперерабатывающей, химической, целлюлозно-бумажной, металлургической, текстильной промышленности.

Основными способами улучшения качества воды являются: осветление (удаление взвешенных веществ), обесцвечивание (удаление окрашенных коллоидов, растворенных веществ), обеззараживание (уничтожение патогенных микроорганизмов) и специальные методы обработки (удаление или введение в воду несбходимых элементов). Типовая схема процесса очистки воды приведена на рис. 4.2.

Осветление воды осуществляется путем механического отстаивания с последующей фильтрацией воды от частиц размером более 1 мкм через соответствующие устройства. Для повышения эффекта осветления в отстойниках осуществляют предварительную химическую обработку (коагуляцию с применением в качестве коагулянта сернокислого алюминия), приводящую к укрупнению взвешенных в воде частиц (они слипаются и выпадают в осадок в виде хлопьев). При коагуляции перспективно использовать новые химические вещества, созданные благодаря успехам химии (флоккулянты, в частности, полиакриламид), которые позволяют ускорить эту работу. В осадок выпадает и часть микроорганизмов.

После отстаивания и коагуляции вода поступает на фильтрацию (обычно кварцевым песком). Наиболее часто применяется «скорый

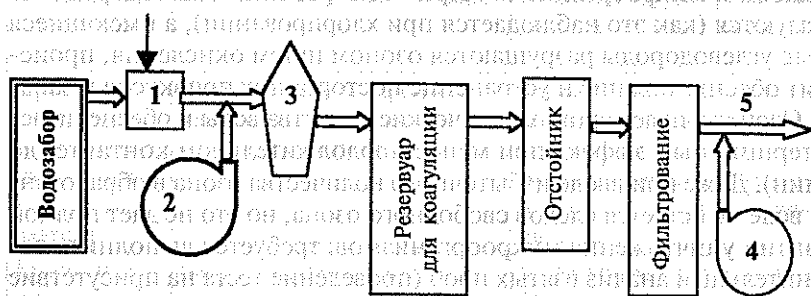


Рис. 4.2. Типовая схема процесса очистки воды.

- 1 — аэрация разбрызгиванием; 2 — хлорирование; 3 — смесительная камера: уголь и алюминиевые или железные квасцы; 4 — конечное хлорирование; 5 — распределение чистой воды по потребителям.

фильтр»: резервуар, заполненный песком, а под ним слой гравия. Фильтр задерживает более мелкие частицы и часть микроорганизмов. Рассмотренные очистные сооружения водопровода, основной функцией которых является осветление и обесцвечивание воды, способны задержать до 90% находящихся в воде микроорганизмов. Этот процесс заключается в сорбции бактерий и вирусов на поверхности взвешенных частиц и хлопьев, последующее их осаждение в отстойниках или отфильтровывание, что зависит от параметров взвесей, которые имеют огромный разброс. Не осевшие на взвеськах микроорганизмы проникают через все элементы очистных сооружений. Для недопущения передачи через воду кишечных инфекций и их окончательного уничтожения в практике коммунального водоснабжения используют реагентные (хлорирование, озонирование) или безреагентные (ультрафиолетовое, лазерное или гамма-облучение) методы.

Хлорирование воды на современном этапе наиболее распространено из-за простоты процесса, надежности и дешевизны. При правильно выбранной дозе хлорирования и достаточной предварительной очистке вода полностью освобождается от патогенных микробов: это фиксируется наличием свободного хлора, т.е. не требуется проведение анализа очищенной воды. К недостаткам процесса хлорирования относятся сложность транспортировки хлора (высокотоксичное вещество, образующее в воде хлорорганические соединения, вредные для организма, требует строго выполнять меры безопасности и длительного контакта для достижения эффекта очистки воды).

Процесс озонирования (прямого контакта газа с водой) является альтернативным хлорированию. Озон — сильный окислитель, разрушающий микроорганизмы. При озонировании углеводороды не образуются (как это наблюдается при хлорировании), а имеющиеся в воде углеводороды разрушаются озоном путем окисления, происходит обесцвечивание и устранение посторонних привкусов и запахов. Озон улучшает органолептические свойства воды и обеспечивает бактерицидный эффект при менее продолжительном контакте (до 10 мин). Даже при вводе избыточного количества озона в обработанной воде не остается следов свободного озона, но это не дает полной гарантии уничтожения микроорганизмов: требуется выполнить дополнительный анализ взятых проб (проведение теста на присутствие бактерий требует 24 ч). Если микроорганизмы попадут в воду после обработки озоном, то они не погибают. А это требует использовать дополнительное обеззараживающее средство, т.е. опять хлор. Широкому внедрению озонирования препятствует высокая энергоемкость процесса получения озона.

На качество природных вод оказывают влияние природные и антропогенные факторы. К природным (естественным) факторам относятся условия формирования поверхностного или подземного водного стока, разнообразные природные явления, накопление органических веществ из-за отмирания растительных и животных организмов. К антропогенным факторам — деятельность людей, что приводит к химическому, физическому и (или) биологическому загрязнению воды (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Влияние примесей на состояние водного объекта

Примеси	Состав примесей	Влияние на водный объект
Механические	Песок, глина, шлак, рудные включения	Обмеление реки, заиливание водохранилища, дефицит кислорода, замедление развития водных организмов
Минеральные, химические (растворы, коллоиды, взвеси)	Тяжелые металлы, минеральные удобрения, биогенные элементы (азот, фосфор, углерод)	Токсические воздействия на водные организмы. Приводят к «цветению» водоемов
Органические, легко окисляемые (растворы, коллоиды, взвеси)	Органические вещества в сточных водах пищевых и сельскохозяйственных объектов, бытовых отходах	Из-за дефицита кислорода изменяется pH, ухудшаются органолептические свойства, бурно развиваются сине-зеленые водоросли
Органические, трудно окисляемые (растворы, коллоиды, взвеси)	Нефтепродукты, фенольные соединения, жесткие СПАВ, стойкие пестициды	Из-за высокой стойкости и токсичности придают воде неприятный запах и вкус, ограничивая ее пригодность для питья; трудно удаляются из воды
Биологические	Бактерии, водоросли, простейшие, черви, яйца гельминтов, грибы	Образуют устойчивые взвеси. Происходит обрастание подводных предметов. Участвуют в самоочищении и вторичном загрязнении водоема

Причиной химических загрязнений водных объектов обычно является сброс неочищенных или недостаточно очищенных промышленных или бытовых сточных вод: органической или неорганической природы, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ).

Физические загрязнения определяются тепловыми, механическими или радиоактивными примесями. Биологическое загрязнение заключается в изменении свойств водной среды в результате увеличения количества несвойственных ей видов микроорганизмов, поступающих обычно с бытовыми сточными водами (воды кухни, туалетов, больниц, прачечных).

Сточные воды представляют собой сложные гетерогенные системы загрязняющих веществ, находящихся в растворенном, коллоидном или нерастворенном состоянии.

Сточные воды можно разделить на бытовые, производственные и ливневые (дождевые), отличающиеся друг от друга происхождением, составом и биологической активностью.

Бытовые сточные воды образуются в результате жизнедеятельности людей и характеризуются наличием загрязнителей минерального (соли аммония, фосфаты, хлориды, гидрокарбонаты) и органического (безазотистые и азотосодержащие) происхождения. Минеральные вещества в сточных водах могут быть в нерастворенном виде (5%), в виде суспензии (5%), коллоидах (2%) и растворенном виде (до 30%). Безазотистые органические вещества представляют собой углеводороды и жиры, азотосодержащие — белки и продукты их гидролиза. Содержание органических нерастворенных загрязнителей в сточных водах составляет 15%, в виде суспензии 5%, коллоидов 8% и растворенных 20%. Особой группой загрязнителей являются микроорганизмы.

Состав производственных сточных вод зависит от характера производственного процесса на соответствующем объекте экономики:

- ♦ сточные воды предприятий металлургии и аналогичных производств (например, гальванических), содержащие неорганические примеси в виде солей тяжелых металлов, способных токсически воздействовать на обитателей водоемов;
- ♦ сточные воды рудообогатительных и цементных предприятий, ДСК с неорганическими примесями, не обладающими токсичным действием (здесь примеси находятся во взвешенном состоянии);
- ♦ стоки предприятий химической и нефтехимической промышленности, органического синтеза, содержащие органические веще-

ства, обладающие токсическим действием (ПАВ, фенолы, ацетон, формальдегид, неорганические кислоты, жиры, нефтепродукты, хлориды);

— **♦ воды**, содержащие нетоксичные органические вещества, попадание которых в водоемы приводит к снижению концентрации растворенного кислорода, возрастанию окисляемости, ВПК.

Дождевые сточные воды также характеризуются огромным разнообразием примесей, зависящих от множества факторов (общего санитарного состояния территории ливневого сбора, видов и характеристик промышленности региона, режима таяния снега, характера атмосферных осадков);

Очистные сооружения и охрана вод. Для очистки сточных вод применяются механические, физико-химические, биохимические и термические методы;

Механическая очистка сточных вод выполняется до биологической и физико-химической, являясь первой ступенью очистки на станциях аэрации. При этом происходит отделение нерастворимых примесей процеживанием, отстаиванием или фильтрованием. При этом используется соответствующее оборудование:

— **решетки** с шириной прозоров 16 мм и при угле наклона к горизонту 60–70°. Скорость протока стоков не превышает 1 м/с. Очистка решетками выполняется вручную или механическим образом (решетки механические поворотные типа МГТ; решетки-дробилки типа РД);

— **песколовки** для выделения из сточных вод тяжелых примесей (песка, окалины) с гидравлической кратностью 13,2–24,2 мм/с при скорости движения сточных вод 0,08–0,03 м/с. Некоторые типы песколовки позволяют удалить из стоков до 80% песка. Для повышения эффективности песковые бункеры песколовки применяют в сочетании с напорными гидроциклонами;

— **отстойники** для гравитационного выделения из сточных вод нерастворенных грубодисперсных примесей при плотности выше (или ниже) плотности воды. Отстойники могут быть вертикальными, горизонтальными, радиальными и диагональными. Применение соответствующего вида зависит от требуемой производительности (м³/сут): вертикальные — до 15 000, горизонтальные — менее 20 000, радиальные — более 20 000 и диагональные — до 15 000. Тонкослойные отстойники применяются для очистки сточных вод от взвешенных частиц однородного состава после предприятий металлургической, нефтяной, угольной промышленности;

— *преаэраторы* для более глубокого осветления стоков перед их биологической очисткой. Биокоагуляторы (вид преаэратора) кроме аэрации воздухом используют активный ил (50% его избыточного количества) обычно они размещены в одном сооружении с отстойником, разделенным на зоны аэрации и отстаивания. Эффективность задержания взвесей при этом возрастает до 75%.

— *нефтеловушки* для очистки стоков от нефтепродуктов, жиров, смол, парафинов при концентрации выше 100 мг/л. Они могут быть горизонтальными, радиальными, многоярусными. Ширина секций составляет 2–6 м, высота 2–3 м, чтобы обеспечить время отстаивания не более двух часов. Нефтеловушки оснащаются коалесцирующими устройствами, дающими возможность улучшить показатели очистки и увеличить пропускную способность в 2 раза. Нефтеловушки не задерживают тонкоэмульгированные и растворенные нефтепродукты;

— *гидроциклоны* для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей под действием центробежных сил. Часто это первая ступень очистки стоков, которая обеспечивает отделение песка и минеральных частиц размером порядка 0,15 мм и плотностью более 1,2 г/см³. Площади и объемы, занимаемые циклонами, неизмеримо меньше габаритов отстойников той же производительности. Для очистки тонких взвесей используются мультициклоны. Нашли применение открытые и напорные гидроциклоны;

— *фильтры* при очистке и доочистке стоков от тонкодисперсных примесей, не удаляемых механически на других стадиях. При очистке городских стоков используются сетчатые фильтры с бактерицидными лампами, установленными перед фильтрами с зернистой загрузкой. Фильтры с зернистой загрузкой (напорные или безнапорные) в зависимости от их конструкции и качества сточной воды могут работать в первой ступени очистки или на доочистке вод. По типу конструкции применяются фильтры однослойные (из одного материала), двухслойные (из двух материалов разной плотности), многослойные, каркасно-засыпные, аэрируемые и с плавающей загрузкой. Фильтрующей загрузкой может служить кварцевый песок, керамзит, керамическая крошка, пористая керамика, горные породы, дробленый антрацит. Размер зерен фильтрующей загрузки 0,5–2 мм, высота фильтрующего слоя до 2 м.

Метод обратного осмоса (гиперфильтрации) получил широкое распространение из-за простоты оборудования, способности работать при обычной температуре, малой зависимости эффективности очистки от концентрации загрязнений, возможность изъятия ценных продуктов. При этом методе очищаемые стоки непрерывно филь-

труются под давлением через полупроводниковые мембраны, задерживающие молекулы или ионы растворенных органических, неорганических и бактериальных примесей. Недостатком метода является высокая стоимость мембран и их быстрая изнашиваемость.

Физико-химические методы очистки применяют для удаления из стоков растворенных неорганических и органических веществ, а также суспензированных и эмульгированных примесей. Хотя очистка с применением этих методов требует дорогих реагентов, она широко используется из-за своей эффективности, а иногда просто невозможно произвести очистку стоков другими способами (например, многокомпонентных сточных вод с малой концентрацией загрязнений).

К физико-химическим методам относятся коагуляция и флокуляция; флотация; ионный обмен; адсорбция; экстракция; обратный осмос; ультрафикация; кристаллизация; дистилляция; ректификация; электродиализ; дезорация.

Растворы коагулянтов и флокулянтов подаются дозировочным насосом в смеситель, где смешиваются со сточной водой в течение нескольких минут. Затем эта смесь направляется в камеры хлопьеобразования, где выдерживается до 30 мин в камере горизонтальной или до 10 минут вертикальной конструкции. После образования хлопьев обработанные стоки поступают на механические очистные сооружения (отстойники, гидроциклоны).

Сточные воды, содержащие фенол, после механической очистки поступают в экстрактор (механический резервуар с перегородками или мешалками) сверху, а экстрагент, плотность которого меньше плотности воды, снизу. Из-за разности плотностей при смешивании воды с экстрагентом образуются встречные вертикальные потоки (вода опускается вниз, а экстрагент поднимается вверх), в результате чего вода отдает фенол экстрагенту. Очистка экстракцией весьма эффективна.

Химическую очистку применяют в тех случаях, когда обеззараживание стоков возможно лишь в результате химических реакций стоков с реагентами и образованием новых веществ, которые легче удалить из сточных вод. В результате протекания реакций конденсации, окисления, нейтрализации появляются менее токсичные вещества и соединения; растворимые соединения превращаются в нерастворимые; кислые и щелочные стоки — нейтрализуются. Применение методов химической очистки требует больших расходов реагентов, а образующиеся в результате реакций новые вещества загрязняют воду, и требуется дополнительная очистка другими способами.

Работе систем автоматического регулирования (САР) процессов нейтрализации кислот в сточных водах обычно предшествует предварительное усреднение состава стоков по принципу регулирования параметра pH, а после этого используют другие методы очистки стоков. Величина pH является наиболее универсальным параметром регулирования процессов химической очистки бытовых и промышленных сточных вод. Она характеризует степень кислотности или щелочности стоков, определяет скорость и направление большинства реакций.

При замерах используются pH-метры, которые наиболее чувствительны в средней части шкалы, соответствующей нейтральной реакции, т.е. фиксируют окончание реакции нейтрализации. Это обеспечивает поддержание нейтральной среды в стоках непрерывной оптимальной добавкой реагентов. Промышленные pH-метры рассматриваются как одно из звеньев САР процесса очистки сточных вод. В этих целях часто используют потенциометрический метод измерения величины pH, основанный на возникновении электрического потенциала на металлическом электроде, погруженном в раствор с ионами того же металла. Величина потенциала зависит от активной концентрации ионов, что определяется формулой:

$$E = E_0 + \frac{R \times T}{N \times F} \times \ln a,$$

где E — электрический потенциал электрода, мВ; R — универсальная газовая постоянная; T — температура, К; N — валентность металла; F — число Фарадея; a — активная концентрация ионов металла; E_0 — потенциал электрода при активной концентрации его ионов, равной единице (нормальный потенциал).

Применяются также pH-метры, в которых в качестве измерительного элемента используется металлооксидный (обычно сурьмяный) электрод. Его применение целесообразно, если стеклянному электроду противопоказан состав стоков (например, в них имеются соединения фтора в количестве более 30 мг/л или сильно абразивные частицы). Все конструкции pH-метров должны предусматривать возможность автоматической компенсации влияния на показания прибора изменений температуры стоков. Это достигается наличием термометров сопротивления или полупроводниковыми элементами, погружаемыми в измерительную среду рядом с электродами.

Станции нейтрализации сточных вод непрерывного действия в максимальной степени нуждаются в автоматизации процесса дози-

рования подачи реагентов, так как состав и поступление сточных вод испытывают резкие колебания. При обработке стоков на установках периодического действия эти колебания воздействуют значительно меньше. Трудности, связанные с воздействием значительных внешних возмущений на процесс непрерывной нейтрализации стоков, усугубляются наличием существенной нелинейности параметра регулирования (величины pH) воды. Выбор регулирующего органа определяется механическими свойствами наиболее распространенного нейтрализующего реагента (известкового молока).

Системы экстремального регулирования обычно строят на базе автоматического самонастраивающегося пневматического импульсного регулятора любого типа. Этот прибор используется для регулирования процессов с большой инерцией, т.е. не имеющих явно выраженных максимумов (обычно это зависимость имеет вид монотонной кривой с убывающим темпом нарастания). Регулятор работает по принципу шагового поиска максимума регулируемого параметра. Рабочий диапазон изменения входных, выходных и задающих сигналов составляет $0,2-1 \text{ кг/см}^2$; длительность импульсов $1-60 \text{ мин}$; приращение входного давления за один шаг $0,02-0,15 \text{ кгс/см}^2$; зона нечувствительности первого звена сравнения $0,015-0,06 \text{ кгс/см}^2$; второго звена — $0,01-0,06 \text{ кгс/см}^2$.

Управляющие сигналы электрических регуляторов через системы коммутации передаются на магнитный пускатель (при необходимости, через усилитель) для включения исполнительного устройства, перемещающего регулируемый механизм. Пневматические регуляторы обычно управляют своими исполнительными механизмами с помощью встроенного пневмореле.

Выбор конечного звена САР (регулирующего органа или дозатора) производится с учетом конкретных факторов. Решающую роль необходимо отвести учету физико-химических свойств используемых реагентов и согласуемости составляющих САР. Например, регулирующие клапаны с пневматическим приводом применяются, если в качестве реагентов используются чистые агрессивные или неагрессивные растворы (газы, растворы кислот, аммиачная или хлорная вода), исключающие возможность наличия в них твердых примесей. Если в процессе очистки сточных вод используются реагенты в виде суспензий или загрязненных растворов, то для дозирования применяют шланговые клапаны, дозаторы суспензий, насосы-дозаторы. Действие одного из таких дозаторов основано на делении плоской свободно падающей струи, стекающей со сливного лотка.

Дозатор состоит из трех бункеров, установленных на общей раме. Известковое молоко подается в нижнюю часть основного бункера под давлением (с помощью насоса) из бака-мешалки. Излишки раствора из основного бункера поверх трех его стенок переливаются через охватывающий лоток в бункер возврата. Вся конструкция обеспечивает наличие постоянного уровня реагента в «баке постоянного уровня», из которого реагент через прямоугольный вырез попадает на короткий сливной лоток. Известковое молоко стекает с кромки сливного лотка плоской ровной струей и рассекается на две части ножом-делителем. Одна часть струи попадает в приемный бункер, откуда автоматически направляется в обрабатываемые стоки. Вторая часть струи (излишек известкового молока) сливается в бункер возврата, а затем в бак-мешалку. Регулирующим органом дозатора является нож-делитель, который отсекает нужное количество реагента для подачи в приемный бункер. Поворот (на угол $0-60^\circ$) ножа-делителя происходит с помощью исполнительного механизма (электрического или пневматического). В этом диапазоне расходная характеристика дозатора близка к линейной, что играет существенную роль при использовании в системе автоматического регулирования. Таким образом расход дозируемого реагента находится в линейной зависимости от положения ножа-делителя, т.е. от угла поворота вала любого однооборотного исполнительного механизма. Следовательно, указатель положения (поворота) ножа-делителя можно использовать для определения расхода реагента в каждый момент времени.

Широко применяются способы очистки стоков методом ионного обмена. Ионитами можно извлекать из сточных вод соединения мышьяка, фосфора, цианистые, радиоактивные вещества, соли тяжелых металлов. Для очистки используются синтетические ионообменные смолы. Очистка производится в аппаратах периодического или непрерывного цикла. В аппарат периодического действия загружается смола высотой слоя до 2,5 м и производится очистка по стадиям: сорбции, регенерации и промывки от реагента. В аппаратах непрерывного цикла смола движется по замкнутому контуру, последовательно проходя указанные выше стадии.

Нашли практическое применение способы электрохимической очистки стоков, содержащих примеси металлов, кислот и щелочей, которые извлекаются одновременно с очисткой и используются как ценные продукты в производстве.

Таковы возможности очистки стоков, содержащих фенол, ПАВ, цианиды и другие трудно окисляемые примеси, ультразвуковыми колебаниями.

Биохимическая очистка стоков основана на способности некоторых микроорганизмов разрушать органические и некоторые неорганические соединения (сульфиды, соли аммония), превращая их в безвредные продукты окисления (вода, двуокись углерода, нитрат-ионы, сульфат-ионы). Очищенные биологическим способом стоки отвечают как санитарно-гигиеническим требованиям, так и рыбохозяйственным нормативам. К недостаткам методов биологической очистки можно отнести незначительную скорость протекающих окислительных процессов, что требует больших объемов очистных сооружений. Биологическая очистка является завершающей стадией очистки сточных вод химических и нефтеперерабатывающих предприятий.

Термическая очистка сточных вод заключается в полном окислении при высокой температуре (сгорании) примесей стоков с получением нетоксичного твердого остатка. При этом используется оборудование: выпарное, распылительное, разного рода топки. Термические методы допускают упаривание стоков, после чего осуществляется захоронение или использование концентрированных растворов для изъятия ценных продуктов. Достоинством методов термической очистки является отсутствие загрязнения водоемов.

Сложной экологической проблемой является утилизация городских сточных вод, огромные объемы которых скапливаются на иловых площадях (южная площадка г. Санкт-Петербурга 1,5 млн т при влажности 91–93%; иловые карты г. Калуги — до 1 млн м³ при влажности 82–93%). Особенностью осадков промышленных городов является высокое содержание в них тяжелых и цветных металлов (табл. 4.4).

При чрезвычайных ситуациях (наводнения, ливневые или паводковые воды, сейсмические или карстовые явления, диверсии) может произойти сброс отходов в системы водоснабжения. В то же время эти отходы могут быть использованы для получения строительных материалов и цветных металлов.

В результате очистки сточных вод образуется большое количество осадков, загрязненных токсичными веществами, склонных к загни-

Таблица 4.4
Содержание металлов (%) в промышленных отходах городов

Город	CuO	NiO	ZnO	PbO
Санкт-Петербург	0,1–0,8	0,2–1,9	0,1–0,6	0,2–1,2
Калуга	0,7–0,9	0,08–0,09	0,7–0,8	0,07–0,08

ванию и зараженных патогенными микроорганизмами. Это обуславливает необходимость специальной обработки осадков для последующего их использования.

На станциях аэрации производительностью до 100 000 м³ сточных вод в сутки выполняется центрифугирование осадков с последующей термической сушкой обезвоженного осадка. На более крупных станциях применяют реагентное обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах. В качестве реагентов используют хлорное железо (до 5%) и известь (до 15% от массы сухого вещества). Сушка и прогрев осадков до температуры 70°C обеспечивает снижение влажности до 10% и их санитарное обеззараживание. Для экономии топлива сушку осадка осуществляют до 40% влажности (осадок имеет вид твердого сыпучего незагнивающего обеззараженного продукта).

Содержание основных элементов (в % от сухого вещества) в термически высушенном осадке (ТВО) представлено в табл. 4.5.

Осадки городских сточных вод (ОГСВ) образуются в результате переработки промышленных и бытовых стоков, а также стоков ливневой канализации. Они могут быть неорганическими или органическими с примерным распределением: белки (до 80%), жиры (до 20%), углеводы (до 8%). Зольность осадков составляет: лежалых — 50—57%, свежих — 40—47% (при теплоте сгорания сухого осадка до 18 кДж/г).

Способами утилизации ОГСВ могут быть:

- ♦ применение их в качестве удобрений после нейтрализации токсичных веществ и снижения содержания металлов;
- ♦ термическая обработка ОГСВ для удаления органики с возможным последующим использованием золы с высоким содержанием (выше 3%) тяжелых металлов в производстве строительных материалов, дорожном строительстве и для других целей, если это экологически безопасно;

Таблица 4.5
Содержание основных элементов (%) в ТВО

Тип ТВО	Азот	Фосфор	Калий
Из первичных отстойников	1,6—4	0,6—5,2	0,2—0,6
Активный ил	2,4—6,5	2,3—8	0,3—0,4
Смесь из первичных отстойников и активного ила	2—5	1—6	0,2—0,5
Сброженный осадок	1,7—6	0,9—6,6	0,2—0,5

♦ захоронение ОГСВ на специальных площадках (иловых картах). На этом этапе целесообразно организовать извлечение тяжелых металлов из отходов. Например, на иловых площадках г. Калуга имеется хрома — до 3000 т, меди — до 1000 т, никеля — 100 т, цинка — 850 т, свинца — до 90 т. Таким образом, их извлечение для повторного использования в стоимостном отношении доходит до 30 млн долл. США (по текущим ценам лондонской биржи, 2000 г.).

Способы утилизации отходов в процессе очистки сточных вод. Применение различных механических аппаратов (вакуум-фильтров, камерных и ленточных фильтр-прессов, центрифуг и сепараторов) позволяет значительно интенсифицировать, механизировать и автоматизировать процесс обезвоживания осадков. При этом потребная площадь сокращается во много раз. Применение центрифуг позволяет герметизировать процесс, что не допускает распространение загрязнения. Существенным недостатком центрифуг является быстрый износ шнека абразивными частицами осадка и необходимость поддержания более высокой температуры (на 15°C), чем на фильтрах.

Первой стадией обработки осадков является их уплотнение. Количество отбросов, снимаемое с решеток, зависит от типа решетки и ширины ее прозоров. Для решеток с шириной прозоров 16–20 мм в среднем оно составляет 8 л на человека в год при влажности 80% и объемной массе 750 кг/м^3 . Дробленые отбросы, разбавленные водой (40 м^3 на 1 т), направляются в сточные воды перед решетками или в метантенки, а отбросы с решеток — на свалку или в мусоросжигательную установку. Так же поступают с плавающими примесями порядка 2 л на человека в год при влажности 60% и объемной массе $0,6 \text{ т/м}^3$. Тяжелые примеси (песок) из песколовок (до 0,02 л/сут на человека при влажности 60% и объемной массе $1,5 \text{ т/м}^3$) складировются на площадках песка или накопителей.

Сырые осадки из первичных отстойников отличаются неоднородностью, имеют студенистую суспензию серого или светло-коричневого цвета с кисловатым запахом. Из-за большого количества органических веществ они быстро загнивают, приобретая темно-серый и даже черный цвет, распространяя неприятный кислый запах. Средняя влажность осадка, выгружаемого из первичных отстойников, составляет 95% (при самотечном удалении) и 93,8% (при удалении плунжерным насосом).

Уплотнение может осуществляться гравитационным методом в илоуплотнителях (активного ила) путем флотации или механическим разделением фаз на сепараторах. Это обеспечивает уменьшение

объема избыточного активного ила, помещений и затрат электроэнергии. Для сохранения объема уплотнителей и продолжительности уплотнения применяют модули с тонкослойным осаждением; с медленным перемешиванием; прогревом; добавлением химических реагентов; совместное уплотнение с осадком первичных отстойников.

Уплотнение активного ила приводит к резкому возрастанию его удельного сопротивления вследствие увеличения количества связанной воды при повышении концентрации активного ила. Удельным сопротивлением характеризуется фильтруемость суспензий, оно является определяющим параметром их водоотдачи. Удельное сопротивление осадка — это сопротивление единицы массы твердой фазы, отлагающейся на единице площади фильтра при фильтровании под постоянным давлением суспензии, вязкость жидкой фазы которой равна 1,0. Наиболее резко удельное сопротивление возрастает при концентрации активного ила более 20 г/л (в илоуплотнителях вертикального типа) за 17 ч или 30 г/л (в илоуплотнителях радиального типа, оборудованных илоскребками) за 12 ч. Лучшее уплотнение активного ила во втором случае объясняется перемешиванием активного ила в процессе уплотнения и меньшей высотой по сравнению с вертикальными. Перемешивание снижает вязкость активного ила и его электрокинетический потенциал, что способствует лучшему хлопьеобразованию и осаждению ила. Степень уплотнения зависит не только от типа уплотнителя, но и от состава активного ила, сточных вод, степени очистки, условий подготовки ила.

Флотационное уплотнение активного ила позволяет предотвратить его загнивание, сократить продолжительность уплотнения и объемы помещений. Наилучшего эффекта можно достичь при применении напорной флотации с использованием рабочей жидкости. Насыщение рабочей жидкости воздухом осуществляется в напорном баке под давлением до 0,8 МПа в течение 2–6 мин с целесообразным одновременным перемешиванием (циркуляционным насосом).

Флотатор для уплотнения избыточного активного ила представляет собой резервуар в виде цилиндра диаметром до 12 м и глубиной до 3 м. В его верхней части установлена концентрическая (не достигающая дна) перегородка, которая разделяет резервуар на флотационную (рабочую) и отстойную зоны. Избыточный активный ил подается сверху, а рабочая жидкость поступает снизу (навстречу) по перфорированным радиальным трубам. Продолжительность пребывания этой образовавшейся смеси в рабочей зоне составляет 40–60 мин. Насыщенный пузырьками воздуха активный ил всплывает и удаляется в желоб специальными скребками. В нижней части флотатора (зоне

осаждения) скапливаются крупные частицы и частицы с удельным весом более 1,0, которые удаляются под гидростатическим давлением. При удельном расходе воздуха 15 л/кг сухого вещества активного ила концентрация уплотненного ила достигает 50 кг/м³ при содержании взвешенных веществ в удаляемой жидкости до 60 мг/л.

Иногда уплотнение избыточного активного ила выполняют совместно с осадком первичных отстойников. При этом достигается снижение влажности смеси.

Для сгущения осадков сточных вод нашли применение безнапорные вибрационные фильтры, представляющие собой наклонно установленную жесткую вибрирующую перфорированную перегородку (металлическую сетку), через которую фильтруются сгущаемые осадки. При частоте вибрации 30–50 Гц, ускорении 8–10 g, и амплитуде 0,6–0,8 мм активный ил сгущается до влажности 93–97%, а его смесь с осадком первичных отстойников — до 86–88% при выносе с фильтратом 5–30% сухого вещества.

Сепараторы применяются для сгущения активного ила и фугата, получаемого при обезвоживании осадков на шнековых центрифугах. Тарельчатые сепараторы имеют высокую степень разделения и дают относительно чистый фугат. Но чтобы межтарельчатые пространства не забивались частицами крупнее 0,6 мм, перед ними устанавливаются сита или барабанные сетки. Рабочий орган жидкостных сепараторов с тарельчатыми вставками упрощенно можно представить в виде, указанном на рис. 4.3.

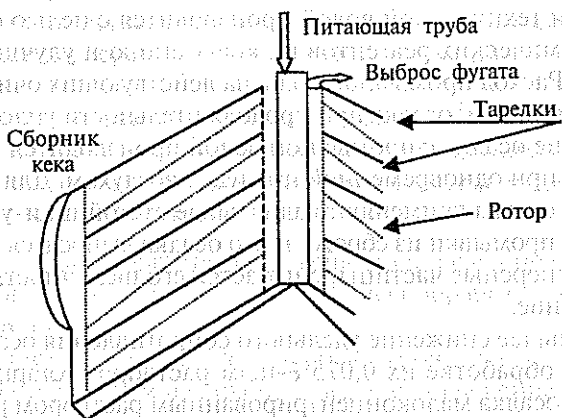


Рис. 4.3. Принцип действия жидкостного сепаратора.

Принцип действий указанного сепаратора основан на том, что взвешенные в сепарируемой жидкости частицы в межтарелочном пространстве подвергаются действию двух сил: одна направлена по радиусу к периферии ротора, а другая — к центру. В результате частицы осаждаются на внутренней поверхности пакета тарелок. Образующийся кек сдвигается центробежной силой к периферии ротора, где либо накапливается в специальном сборнике, откуда периодически выгружается, либо выгружается непрерывно через сопла. Осветленная жидкость (фугат) выдавливается к оси вращения сепаратора и выводится через специальную трубу. Высокая скорость вращения роторов обеспечивает выделение за счет центростремительной силы частицы диаметром менее 1 мкм при разности плотностей жидкой и твердой фаз более 3%. Следовательно, тонкослойное разделение суспензий на жидкостных сепараторах устраняет основной недостаток центрифуг: большой вынос взвешенных веществ с фугатом.

Уменьшение количества сухого вещества осадков на 20–30% при обеспечении их незагазованности и частичное обеззараживание осуществляется путем анаэробного сбраживания в метантенках или аэробной минерализации в сооружениях типа аэротенков.

Установки аэробной стабилизации проще анаэробных как конструктивно, так и в эксплуатации. Аэробная стабилизация осуществляется в открытых сооружениях типа аэротенков и ее эффективность зависит от продолжительности процесса, интенсивности аэрации, температуры, состава и свойств обрабатываемого осадка.

Промывка аэробно сброженных осадков очищенной сточной жидкостью или технической водой производится с целью сокращения расхода химических реагентов на коагуляцию и улучшение их уплотнения. Расход промывной воды на действующих очистных станциях до 5 м³ на 1 м³ осадка при продолжительности уплотнения 20 ч. Смешивание осадка с промывной водой производится в отдельном резервуаре при одновременной продувке воздухом. Для уплотнения промытого осадка применяют радиальные отстойники-уплотнители. В процессе промывки из сброженного осадка выносятся коллоидные и мелкодисперсные частицы, снижается его щелочность и удельное сопротивление.

Наибольшее снижение удельного сопротивления осадков достигается при обработке их 0,075%-ным раствором хлорного железа. Обработка осадка малоконцентрированным раствором реагента может быть выполнена в нескольких последовательно расположенных отстойниках (рис. 4.4).

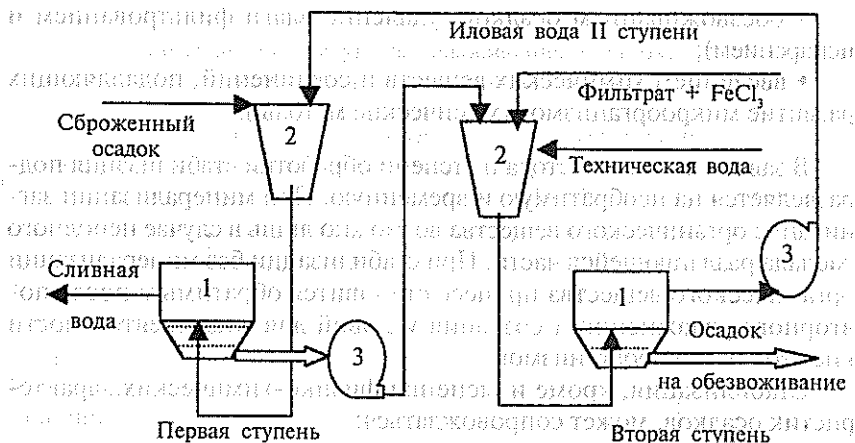


Рис. 4.4. Принципиальная технологическая схема промывки осадка мало-концентрированным раствором хлорного железа в отстойниках-илоуплотнителях.

1 — илоуплотнители; 2 — промывные резервуары ступени; 3 — насосы.

В этом случае промываемый осадок движется навстречу раствору реагента (при этом осадок подается в первый отстойник, а раствор реагента — в последний).

Разложение (гниение) органических веществ в кислой среде сопровождается выделением зловонных запахов, образованием коллоидных и мелкодисперсных частиц, ухудшением водоотдачи осадков.

Для предотвращения загнивания осадков используется метод стабилизации, основанный на изменении физико-химических характеристик осадков, с подавлением жизнедеятельности гнилостных бактерий. Она достигается:

- ♦ минерализацией органических веществ (анаэробное метановое брожение, аэробная стабилизация, тепловая обработка, биотермическое разложение);
- ♦ изменением активной реакции среды (повышением величины рН до 10,2–11 введением щелочей, извести с повышением температуры до 60°C);
- ♦ уничтожением кислотных микроорганизмов нагреванием (пастеризация, тепловая обработка, термическая сушка);

- обезвоживанием осадков (удаление влаги фильтрованием и испарением);
- введением химических веществ и соединений, подавляющих развитие микроорганизмов (химические методы).

В зависимости от метода и степени обработки стабилизация подразделяется на необратимую и временную. При минерализации загнивание органического вещества возможно лишь в случае неполного распада разлагающейся части. При стабилизации без минерализации органического вещества процесс становится обратимым после повторного увлажнения и создания условий для жизнедеятельности кислотных микроорганизмов.

Стабилизация, кроме изменения физико-химических характеристик осадков, может сопровождаться:

- улучшением водоотдачи осадков (аэробная стабилизация, тепловая обработка, введение извести);
- сокращением объема (фильтрование, испарение, сушка);
- получением побочных продуктов (метана при анаэробном сбраживании);
- частичным или полным обезвреживанием (обработка известью и химическими веществами, сбраживание, термическая обработка);
- улучшением удобрительных свойств (обработка известью, аммиаком);
- изменением активной реакции среды.

Исследования показали, что после замораживания осадка и последующем его оттаивании можно отказаться от применения химических реагентов для их коагуляции, а также значительно увеличить производительность фильтров. Выделяющаяся при оттаивании осадков жидкость содержит незначительное количество загрязнений, что облегчает их обработку. Процесс замораживания снижает удельное сопротивление осадков (табл. 4.6), но создает существенные трудности.

Осадок после термообработки обезвоживается без реагентов, становится стерильным и хорошо уплотняется. Но сам процесс технически сложен; имеет высокие БПК и ХПК иловой воды и фильтратов, получаемых при уплотнении и обезвоживании обработанных осадков, что ограничивает применение этого метода.

Подсушка осадка на иловых площадках зависит от гидрологических и климатических условий, требует отчуждения огромных площадей. Выбор конструкции иловых площадок (площадки с асфальтобетонным основанием, площадки-уплотнители, каскадного типа)

Таблица 4.6

Влияние температуры замораживания на снижение удельного сопротивления осадков (см/г)

Тип осадка	Исходная влажность, %	Температура замораживания, °С	Удельное сопротивление ($\times 10^{-10}$), см/г	
			исходное	после оттаивания
Активный ил Люблинской станции аэрации	97,5	-15	2320	8,5
	97,5	-3	2320	1,1
Активный ил Тушинской станции аэрации	97,5	-15	985	3,3
	97,5	-7	985	1,7
Сырой из первичных отстойников Тушинской станции аэрации	96	-18	710	18,5
	96	-5	710	1,5
	95,5	-15	830	7,6
	95,5	-3	830	1,2
Сброженная смесь Люблинской станции аэрации	97	-25	2520	138
	97	-15	2520	20,4
	97,5	-15	2180	15,7
	97,5	-3	2180	4,3

и нагрузок на них основывается на свойствах осадков по водоотдающей способности. Вакуум-фильтры применяются для обезвоживания как сброженных, так и сырых осадков сточных вод. В зависимости от типа и свойств осадка производительность вакуум-фильтров находится в пределах 5–60 кг/м² в час по сухому веществу, а влажность кека — 60–85%.

При механическом обезвоживании сырого осадка технологическая схема существенно упрощается за счет исключения метантенков, котельных для их обслуживания, станций перекачки, операций по промывке и уплотнению осадка. Сырой осадок обезвоживается на вакуум-фильтрах более эффективно, при меньших затратах реагентов и с большей производительностью, чем сброженный.

Применение фильтр-прессов при низких значениях удельного сопротивления и показателя сжимаемости осадка позволяет получать более низкую влажность кека, чем при применении вакуум-фильтров. В странах Запада нашли применение горизонтальные, вертикаль-

ные, барабанные и ленточные фильтр-прессы непрерывного действия. Влажность кека после обезвоживания достигает 82%. Для осуществления сушки обезвоженных осадков сточных вод за рубежом нашли применение барабанные, ленточные, петлевые, вальцовые сушилки, сушилки со взвешенным слоем, трубы-сушилки. У нас в основном пока применяются барабанные сушилки, имеющие большую единичную производительность. Но из-за недостаточного объема массы (в среднем 60 кг/м^3 в час) они имеют большие габариты, вес и металлоемкость.

Находят применение и фильтры автоматические самопромывающиеся непрерывного действия типа ФНС для улова взвеси из отработанных вод, агрессивных, ядовитых, опасных для здоровья и взрывопожароопасных жидкостей с возвратом уловленных продуктов и очищенных вод и жидкостей в производство. Они обеспечивают:

- ♦ интенсивную автоматическую промывку фильтровального элемента с регулированием расхода воды при одновременной ее очистке;
- ♦ транспортирование задержанной взвеси и воды к месту потребления под остаточным напором;
- ♦ непрерывную подачу фильтровальной воды под напором как в рабочем режиме, так и в период промывки фильтра;
- ♦ простоту сборки и разборки фильтра;
- ♦ малые габариты;
- ♦ надежную промывку и регенерацию фильтра даже от комкующихся взвесей.

Фильтры типа ФНС обеспечивают увеличение производительности (ФН-15 — до 20, а ФН-50 — до $70 \text{ м}^3/\text{ч}$); снижение энергозатрат в 6 раз и металлоемкости в 1,5 раза; вместимость фильтра ФН-15 — $0,036$, а ФН-50 — $0,2 \text{ м}^3$; габариты ФН-50 $1,25 \times 1,0 \times 1,6 \text{ м}$; масса ФН-50 — 600 кг ; остаточное содержание взвешенных веществ до 10 мг/л .

Сжигание осадков городских сточных вод не решает полностью проблемы их удаления, так как количество минерального (несгораемого) вещества в осадках как после вакуум-фильтров с применением химических реагентов, так и после безреагентного центрифугирования не превышает 50% от массы сухого вещества осадка.

Нашли применение способы обеззараживания осадков химическими веществами (аммиачная вода, карбатион, формальдегид, известь, тиазон, мочеви́на). Остаточное содержание в осадках указанных химических веществ поддерживает санитарно-гигиеническую стабильность почвы.

Но необходимо иметь в виду, что аммиак, тиазон и формальдегид являются токсичными веществами и требуют строгого соблюдения мер безопасности, так как возможно превышение содержания азота в обработанных осадках.

По данным Института медицинской паразитологии и тропической медицины полное обеззараживание механически обезвоженных осадков происходит при смешивании с аммиачной водой (5% по аммиаку от массы осадка) и выдержке не менее 10 сут при поддержании температуры смеси в пределах 18–23°C. При снижении температуры смеси до 6°C концентрацию по аммиаку необходимо поднять до 12%, а продолжительность выдержки — до 15 сут. Обработка осадка аммиачной водой повышает его удобрительную ценность, но увеличивает влажность осадка и его взрывоопасность. Указанный институт рекомендует использовать для обеззараживания осадка тиазон, который применяется для борьбы с галловой нематодой в защищенном грунте. Тиазон в концентрации 0,2–2% общей массы осадка в течение 3–10 сут уничтожает яйца гельминтов, патогенных микробактерий (в том числе туберкулеза), яйца и личинки мух. Внесение обработанного тиазоном осадка на поля позволяет дополнительно уничтожать возбудителей инфекции, плесени, фитонематоды и сорняки в почве.

При оценке метода очистки сточных вод используют показатели: коэффициент очистки сточных вод, экономичность процесса, производительность метода, его прогрессивность.

Очистка сточных вод включает в себя ряд технологических процессов:

- ♦ удаление загрязняющих веществ из воды;
- ♦ предварительный процесс (процеживание и выделение тяжелых примесей, отдельных нефтепродуктов, усреднение и хранение);
- ♦ первичный процесс (нейтрализация и отстаивание);
- ♦ вторичный процесс (отстаивание, использование активного ила, анаэробное сбраживание, аэрация, закачка в скважины);
- ♦ третичный (экстракция, коагуляция и отстаивание, фильтрация, угольная адсорбция и ионообмен).

Удельные затраты на строительство комплекса по первичной очистке почти в два раза меньше, чем по вторичной, и в 10 раз, чем по третичной. Приняв стоимость очистки сточной воды на 90% за единицу, требование очистки до 99% потребует затрат в 10 раз больших, а до 99,9% — в 100 раз.

Применяются 6 основных схем сброса и очистки сточных вод.

1. Прямоточная: сброс стоков в водоем производится без очистки.
2. Повторное использование воды без очистки.
3. Повторное использование воды после осветления сточных вод в сооружениях очистки.
4. Повторное использование условно-чистой воды и оборотного водоснабжения загрязненной водой.
5. Оборотное водоснабжение.
6. Бессточное водоснабжение.

В производстве для электрохимического полирования металлических поверхностей применяются электролиты на основе фосфорной и серной кислот. Срок применения таких электролитов ограничен из-за накопления в них соединений Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ni^{2+} . Исследования возможности регенерации и обезвреживания отработанного электролита выполнялись при содержании примесей: Fe_2O_3 (4–7%), CrO_3 (2–3%), Ni^{2+} (4 г/л).

Для регенерации отработанного электролита с целью возврата его в производство был применен ионообменный метод с использованием катионита КУ-2 (8% дивинилбензола) и анионита АВ-17 как наиболее устойчивых к воздействию окислителей. Как известно, в растворах фосфорной кислоты одновременно присутствуют катионные и анионные комплексы железа и хрома (Fe^{3+} , Cr^{3+}), ионы этих металлов катионитом сорбируются лучше, чем анионитом. При этом ионы Fe^{2+} легче извлечь из растворов фосфорной кислоты, чем ионы Fe^{3+} . Ввиду наличия в отработанном электролите CrO_3 железо находится в трехвалентной форме. Ионы никеля (Ni^{2+}) вообще не сорбируются анионитом, а только катионитом.

Эффект сорбции во многом зависит от концентрации фосфорной кислоты и ионов металлов в растворе и от температуры (табл. 4.7).

Данные опытов по очистке отработанного электролита в стационарных условиях с применением катионита КУ-2 свидетельствуют о достаточности сорбирования никеля даже из концентрированных растворов фосфорной кислоты. А сорбция хрома (и особенно железа — табл. 4.7) резко уменьшается с увеличением концентрации фосфорной кислоты в растворе. С увеличением температуры раствора емкость катионита по железу возрастает и максимальной наблюдается при одномолярном растворе H_3PO_4 при времени контакта 4 ч (до 4% веса катионита).

Опыты в динамическом режиме проводились также с применением катионита КУ-2 в колонках диаметром 15 и 25 мм при отноше-

Таблица 4.7
Сорбция железа (Fe^{3+}) катионитом КУ-2 в статических условиях

Раствор при 20°C		Время контакта, ч	Вес катиона, г	Сорбировано Fe, мг/г смолы
H_3PO_4 , моль/л	Fe^{3+} , мг/л			
1,1	223,4	2	0,5	3,35
1,1	1047,2	2	1	15,5
1,1	2066,5	2	1	22,35
1,1	2136,2	4	1	35,88
1,1	4468	2	2	40,14
1,1	4468	4	2	41,29
4,25	245,7	4	0,5	3,91
4,25	1033,2	2	1	9,33
7,5	184,3	4	0,5	0
7,5	893,6	4	1	0

нии высоты слоя катионита к диаметру колонки 7:1 и 10:1. Скорость фильтрации раствора составляла 0,2–0,8 м/ч. Регенерация катионита производилась раствором HCl (применение серной кислоты оказалось нецелесообразным) со скоростью 0,5 м/ч с одновременным переводом катионита в Н-форму (табл. 4.8).

Таблица 4.8
Сорбция ионов металлов катионитом КУ-2 в динамических условиях

Разбавление электролита	Количество металла в растворе, мг			t °C раствора	Сорбировано, мг на 1 мг смолы			Степень извлечения, %
	Fe^{3+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}		Fe^{3+}	Cr^{3+}	всего	
Не раз- бавлен	315	80	20	26	10,1	3	15,8	24
	1587	400	100	19	14,7	3	20,4	34
	362	91,2	22,8	80	16	6	25	33
1:2	215,6	64,9	13,7	30	14,8	3,7	20,3	51
	233,2	59,3	14,8	80	20	5,6	27,6	64
1:7	1422	360	90	18	28,5	4,7	35,6	75
	1343	340	85	16	26,2	4,4	32,9	73

Примечание. 1. Состав электролита, (г/л): H_3PO_4 (1050); H_2SO_4 (139); CrO_3 (100); Fe^{3+} (63,5); Cr^{3+} (16); Ni^{2+} (4 г/л).

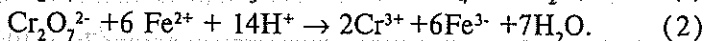
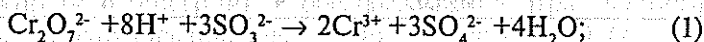
2. Скорость фильтрования 0,25–0,8 м/ч. Количество сорбированного никеля рассчитано по его концентрации в исходном растворе.

3. Расчет степени извлечения металлов проведен по железу.

Как видно из табл. 4.8, наибольшие сорбционная емкость смолы и степень извлечения металлов имеют место при ионообменной очистке отработанного электролита, разведенного водой в отношении 1:7 (концентрация H_3PO_4 в этом растворе составляет 1,2 моль/л). Происходит полное извлечение никеля из очищаемых растворов. Повышение температуры раствора несколько увеличивает сорбцию металлов. Изменение скорости фильтрации 0,25–0,8 м/ч не оказывает заметного влияния на величину сорбции металлов.

Обезвреживание отработанного электролита с помощью реагентов основано на восстановлении ионов 6- и 3-валентного хрома с последующей нейтрализацией свободных кислот и удалением хрома (Cr^{3+}) в виде нерастворимого в воде осадка гидроокиси хрома.

Восстановителем является сульфит натрия и железный купорос. Химические реакции протекают в виде:



Восстановление Cr^{6+} до хрома Cr^{3+} происходит в пределах пяти минут при дозе Na_2SO_3 4 вес. ч. на 1 вес. ч. 6-валентного хрома (или при дозе $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 10 вес. ч. на 1 вес. ч. 6-валентного хрома). Температура реакционной смеси повышается до $85^\circ C$, отработанный электролит нейтрализовался до величины pH 6–6,5. В этих условиях трехвалентное железо и хром образуют малорастворимые в воде фосфаты, фосфат кальция и гидроокиси.

При нейтрализации отработанного электролита известковым молоком его объем увеличивается в 5–6 раз по сравнению с исходным объемом. Перспективней пользоваться методом сухой нейтрализации, используя в качестве реагента отходы производства (пыленку известково-обжиговых печей). При нейтрализации отработанного электролита сухими реагентами температура реакционной смеси повышается до $90^\circ C$, происходит испарение воды. Чтобы не допустить цементации, смесь необходимо помешивать до ее остывания. Продукт нейтрализации содержит до 29% усвояемого растениями продукта (P_2O_5), т.е. его можно использовать в качестве удобрения.

ПЕРЕРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС, ЛЕГКОЙ И ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Переработка и утилизация отходов пластмасс. Полимерные материалы благодаря своим уникальным физико-химическим, технологическим и потребительским свойствам находят широкое применение во всех сферах жизни современного общества. Особенно перспективно использование некоторых видов синтетических смол (полиэфирных, эпоксидных, кремнийорганических), не требующих сложного оборудования и значительных затрат энергии. Но при этом выделяются вредные летучие вещества (фенол, этиленгликоль, ацетон): чтобы снизить вред целесообразно все стадии процесса выполнять в герметизированных емкостях. Это не всегда возможно (может потребоваться изменение физико-химических свойств исходных компонентов или смеси в ущерб экологии). Например, чтобы быстро и качественно заполнить форму (пористый каркас) приходится вводить дополнительное количество растворителя (пластификатора), который обладает повышенной летучестью и токсичностью. Устранить этот недостаток можно использованием вибровоздействия при частоте 50–200 Гц. Для обеспечения высокой текучести вязких смесей без применения пластификатора необходимо знать диапазон собственные частот колебаний элементов наполнителя, арматуры и формы, играющих роль резонатора. Вибровоздействие может быть поверхностным или объемным. При этом на разных стадиях процесса могут использоваться различные частоты колебаний: на стадии за-

полнения — создать резонансные колебания элементов формы, затем для дегазирования смеси и ускорения процесса отверждения частоту колебаний увеличивают до сотен герц. Если производится внешний нагрев при изготовлении крупных деталей, то это сопровождается неравномерностью температуры по массе, что ухудшает экологические условия процесса.

Применение высокочастотного магнитного поля с добавкой менее 1% ферромагнитных веществ в состав смеси улучшает условия протекания технологического процесса по всему объему изделия.

Наибольшая интенсификация производства при изготовлении порошковых деталей достигается при холодном выдавливании детали из спеченных порошковых заготовок и холодное формование порошка в закрытой матрице с последующим спеканием.

Первый технологический процесс требует сначала приготовления порошковой шихты (из порошков: железного, пластификатора, легирующих элементов), из которой в закрытом штампе формуют заготовку простой формы (например, цилиндр) с пористой структурой (если не принять специальных мер). Затем эту заготовку спекают в восстановительной атмосфере (водород, аммиак) или атмосфере, не допускающей окисления (аргон, азот). После спекания эта заготовка стала твердым телом, которое подвергается последующей холодной штамповке выдавливанием (аналогично обычной заготовке, отрезанной от цилиндрического прутка). Теперь деталь подвергается термообработке в защитной атмосфере (отжиг, закалка). Этот процесс мало применим, так как требует применения больших усилий при формоизменении заготовки простой формы, т.е. требует большой прочности от штамповочного оборудования.

Второй вид технологического процесса производства высокоплотных порошковых деталей состоит в том, что из приготовленной порошковой шихты в закрытой матрице формуют деталь сразу требуемой формы, которую впоследствии подвергают спеканию в защитной атмосфере, а при необходимости, и закалке.

Пластмассы — это материалы на основе природных или синтетических полимеров, способные под воздействием нагревания или давления формоваться в изделия сложной конфигурации и затем устойчиво сохранять полученную ими форму. В зависимости от технологического процесса производства, применяемого наполнителя и связующего (смолы) пластмассы могут быть композиционными, слоистыми или литыми, а по природе применяемой смолы — термоактивными или термопластичными.

При производстве пластмасс в процессе переработки полимерных материалов происходит выделение газообразных продуктов (аммиак, метиловый спирт, окись углерода), органических кислот, фенола, стирола. Для локализации выделяющихся веществ необходимо предусмотреть местные отсосы от оборудования с подключением их к системам вытяжной вентиляции. В процессе переработки термопластических материалов происходит накопление твердых отходов (слитки и куски полимеров, литники, обрезки, изделия с дефектами), которые могут быть полностью переработаны на дробильном оборудовании и вновь использованы как вторичное сырье в виде добавок к основному производству. Но при этом образуется почти такое же количество отходов, которые не могут быть использованы: они вместе с бытовыми отходами отправляются на полигон ТБО. Пластмассы мало используются как вторичное сырье из-за многообразия их типов и сложности их составов. Производство пластмасс не связано с загрязнением сточных вод, так как по технологии должно быть обеспечено оборотное водоснабжение.

Основные направления утилизации и ликвидации отходов пластмасс таковы:

- ♦ захоронение на полигонах и свалках;
- ♦ переработка их по заводской технологии;
- ♦ сжигание совместно с ТБО и промышленными отходами;
- ♦ пиролиз или раздельное сжигание в специальных печах;
- ♦ использование отходов пластмасс как готового материала в других технологических процессах.

Наиболее оптимальным методом использования отходов пластмасс является их переработка по заводским технологиям. При многообразии способов переработки общая схема процесса может быть представлена, как показано на рис. 5.1.

Первая ступень включает отделение непластмассовых компонентов (ветошь, картон, остатки упаковки: бумажные, деревянные или металлические) и сортировку отходов по внешнему виду.

На второй ступени производится измельчение отходов пластмасс (иногда в несколько стадий) до размеров, достаточных для осуществления их дальнейшей переработки. Третья ступень обеспечивает отмывку измельченных отходов от загрязнений органического и минерального характера. Четвертая стадия определяется способом разделения отходов по видам пластмасс:

♦ если это мокрый способ, то сначала производят классификацию отходов, а затем сушку;

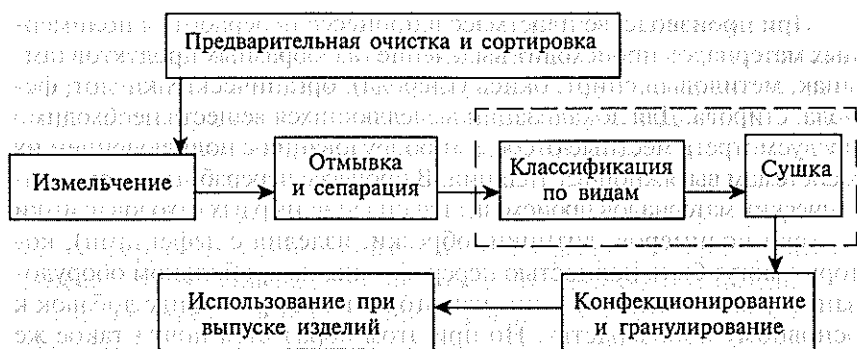


Рис. 5.1. Вариант процесса переработки отходов пластмасс.

♦ при использовании сухих методов сначала измельченные отходы сушат, а затем классифицируют.

Высушенные измельченные отходы смешивают при необходимости со стабилизаторами, красителями, наполнителями и гранулируют. Иногда на этой ступени отходы смешивают с товарным продуктом. Если в этой смеси отходы превысят 20%, то изделия будут шероховатыми, ухудшается глянец. На заключительной ступени процесса производится переработка гранулята в изделия. Эта ступень аналогична исходному процессу переработки, но иногда требует специфического подхода к выбору режимов работы оборудования.

Полная реализация такого процесса трудоемка и дорогостояща, поэтому на практике (например, при переработке отходов полиэтиленовой пленки) часто довольствуются исключением 3–5 ступеней.

При качественной предварительной рассортировке пластмасс по видам, достижении высокой степени очистки и выделения отдельных отходов из смесей их переработка практически не отличается от переработки первичных пластмасс. При этом необходимо учитывать способность полимеров сохранять или изменять свойства в процессе многократной переработки, что вообще определяет целесообразность выполнения переработки отходов. Изменение физико-химических свойств большинства полимеров при многократной переработке связано со снижением молекулярной массы пластмасс, разветвленностью их структуры. Снижением молекулярной массы пластмасс приводит к изменению их прочностных показателей.

Для переработки отходов методом литья под давлением обычно используют машины, работающие по типу интрузии (лат. вталкивания) с постоянно вращающимся шнеком, что обеспечивает самопроизвольный захват и гомогенизацию отходов.

Особенностью повторной переработки поливинилхлорида (ПВХ) является необходимость его дополнительной стабилизации. Отходы мягкого ПВХ используются для получения бытовых изделий, пленочных покрытий и пленок. При этом 20% отходов измельчают на смесительных вальцах, смешивают с товарным ПВХ, красителями, смазками и стабилизатором, а затем пропускают через систему подогревательных и отделочных вальцов. Из отходов полиэтилена высокого давления производят мешки для мусора, трубы, хозяйственные ведра, уплотнительные профили и прокладки. Полипропиленовые отходы перерабатывают в текстильные шпули, детали сантехники, дверные ручки, ящики для растений.

Выполнение утилизации смесей отходов без предварительного разделения их составляющих делает процесс утилизации более дешевым, но физико-механические свойства полученных при этом изделий гораздо хуже.

Все более широко для использования отходов пластмасс применяется многокомпонентное литье, при котором изделие имеет наружный и внутренний слой из различных материалов. Наружный слой изделия выполняется из пластмасс высокого качества и имеет отличный товарный вид, а к внутреннему слою обычно не предъявляются высокие требования даже по физико-механическим показателям, поэтому в этот слой включают дешевые наполнители (тальк, сульфат бария, стеклянные и керамические шарики, вспенивающий агент). Это значительно удешевляет изделия (обычно мебель и предметы домашнего обихода).

Перспективным является использование отходов пластмасс в качестве готового материала в целом ряде отраслей:

- ♦ отходы синтетических волокон и нетканых материалов используются для сорбционной очистки промышленных сточных вод (сорбционной способностью к нефтепродуктам обладают отходы лавсана, нитрона, капрона, ПВХ, пенополиуретана);

- ♦ битумы используются в строительстве, при асфальтировании, а использование отходов полиолефинов в композиции с битумами является направлением, позволяющим модифицировать свойства покрытий.

Специально разработанные для сокращения сроков утилизации эколиты (фоторазрушаемые полимеры) способны разлагаться в естественных условиях до низкомолекулярных полимеров, поглощаемых позднее микроорганизмами. Они в своем составе содержат светочувствительные компоненты, которые разлагаются под воздействием ультрафиолетовых излучений. Скорость фотодеструкции пропорциональна концентрации светочувствительного компонента в пластмассе, т.е. время разрушения полимера можно направленно регулировать от 3 до 200 сут.

Девяностые годы XX столетия ознаменовались всемирной кампанией по полному запрещению применения *хлора* и его производных на основании выводов объединенной международной комиссии, проводившей исследования в регионе Великих озер, побережье которых напичкано крупными предприятиями. Более трети хлора используется в производстве пластика из поливинилхлорида (ПХЛ). При сжигании мусора в топку попадают линолеум, бытовые безделушки, пластик, одноразовая тара, что приводит к выделению вредных веществ.

При производстве различных марок ПХЛ, отличающихся по молекулярному весу и использованию, применяются различные технологии производства (компоненты, количественный состав и соотношения, примененные реагенты, степень промывки продуктов). Поэтому степень загрязненности сточных вод различна. Установлено, что при коагуляции из сточных вод удаляются биохимически не окисляемые вещества (эмульгатор, соосаждающийся ПХЛ), после чего БПК_{полн} сточных вод увеличивается до 70% по отношению биохимической окисляемости.

ВНИИ Водгео провел исследования по биологической доочистке химически обработанных стоков от действующего цеха производства ПХЛ с применением эмульгаторов (стиромоль, метил целлюлозы, желатин и тилозы), а также по влиянию на микроорганизмы, ведущие биохимическую очистку. Основным загрязнителем в стоках оказывается метиловый спирт, поступающий вместе с хлористым винилом в количестве 77–1290 мг/л. Биохимическое окисление стоков (аэротенок) с эмульгаторами стиромоль и метил-целлюлоза заканчивается в течение 10 сут, а с эмульгаторами тилоза и желатин — до 30 сут. К сточной воде добавлялись недостающие биогенные элементы (растворимые минеральные соли: фосфор — до 5 мг/л, азот — до 12 мг/л). Концентрация активного ила при круглосуточной работе аэротенков поддерживалась в пределах 2,5–3 г/л (сухого веса). В результате исследований установлено, что сточные воды от

производства ПХЛ с указанными выше эмульгаторами хорошо окисляются. Окислительная мощность аэротенка-смесителя глубиной 2 м составила 1500 г/м³ в сутки при расходе воздуха 54 м³ на 1 м³ очищаемой жидкости. При этом процесс биохимической очистки стоков, содержащих метилцеллюлозу, протекает более глубоко, чем со стиромолью, т.е. стиромоли обладают тормозящим действием на биохимические процессы.

Необходимо отметить, что при биохимической очистке сточных вод, содержащих желатин, происходит накопление аммонийного азота (за счет высвобождения его из желатина), который потребляет кислород и окисляется нитрификаторами в водоеме до нитратов. Природные же возможности нейтрализации вредных веществ искусственного происхождения (пластмассы, пестициды, дефолианты, РВ) далеко не безграничны.

Отходы легкой и текстильной промышленности. При выполнении большинства технологических операций по производству и применению синтетических красителей образуются загрязненные сточные воды с интенсивной окраской. Кроме красителей эти сточные воды содержат сопутствующие органические и минеральные загрязнения: ПАВ (поверхностно-активные) и ТВВ (текстильно-вспомогательные вещества); ароматические углеводороды, органические и минеральные кислоты, хлориды, сульфаты, ионы тяжелых металлов. Такое разнообразное сочетание токсичных и трудно окисляемых веществ (соединений) определяет сложность обезвреживания сточных вод таких предприятий. Эту проблему помогает решить применение окислительно-восстановительных реакций, инициированных активными физико-химическими агентами, обладающими большим запасом химической энергии в момент образования. Примером может служить обеспечение полной деградаци ПАВ с потерей их поверхностно-активных свойств; изменение структуры органических красителей вплоть до нарушения хромофорно-ауксохромного строения. Это приводит в последующем к глубокому расщеплению промежуточных продуктов до более простых, легко окисляемых органических соединений, или безвредных минеральных веществ.

До 80% синтетических красителей (продукция анилинокрасочной промышленности) используется в красильно-отделочных производствах легкой промышленности. Их применяют при окрашивании пряжи, тканей, кожи, мехов. Они имеют чрезвычайно разнообразное строение, придающее им различные физико-химические свойства по отношению к окрашиваемым объектам. Это заставило ввести химическую и техническую классификацию красителей.

Химическая классификация основана на особенностях строения молекул, природе химических связей. Она предусматривает разделение красителей на классы по признаку общности хромофорных систем.

Техническая классификация предусматривает деление на группы по различию в свойствах красителей и их отношению к окрашиваемым материалам: растворимые в воде (кислотные, протравные, прямые, активные); нерастворимые (сернистые, дисперсные, азоидные, окислительные, пигменты, лаки); растворимые в органических средах (жиро-, спирто- и ацетонорастворимые, полиэфирные).

Согласно технической классификации применимость ряда красителей такова:

- ♦ кислотные красители, производимые в виде натриевых, аммониевых или калиевых солей, диссоциируют с образованием окрашенных анионов и используются для окраски в кислой среде шерсти, шелка, кожи меховой овчины, полиамидных волокон, косметических средств;

- ♦ протравные красители, способные переходить в нерастворимое состояние после образования в окрашиваемом волокне комплексного соединения с солями металлов, нашли применение в комплексе с ионами хрома для окраски шерсти и меховых изделий;

- ♦ прямые красители обладают свойством удерживаться целлюлозными (хлопок, лен, вискоза, ацетат), белковыми (шелк), полшерстяными и синтетическими веществами в присутствии электролитов (например, NaCl), повышающих адсорбцию их волокном;

- ♦ активные красители являются солями органических кислот и оснований, содержащих подвижные (реакционно-способные) атомы (например, хлора); в процессе крашения шерсти, шелка, целлюлозных полиамидных волокон образуются ковалентные химические связи, обеспечивающие прочность при стирке, трении, химчистке;

- ♦ сернистые красители содержат дисульфидные группировки, нерастворимы в воде, но способны восстанавливаться сульфидом натрия в щелочной среде в растворимые, адсорбирующиеся целлюлозными волокнами, а после окисления непосредственно на волокне возвращаются в исходную (нерастворимую) форму, применимы только для окраски целлюлозных волокон;

- ♦ дисперсные красители применяют для крашения гидрофобных ацетатных и синтетических волокон, имеющих повышенный отрицательный заряд поверхности; чтобы они могли проникнуть в волокно их при производстве диспергируют до размера частиц 0,2—2 мкм;

♦ пигменты и лаки применяют для любых текстильных материалов путем их закрепления на волокне с помощью специальных связующих веществ, а в пластмассах, резине, химических волокнах пигменты закрепляются путем механического распределения в массе полимеров.

В технологических процессах подготовки, крашения и печатания текстильных изделий, кожи, меха, бумаги широко применяются ПАВ и ТВВ. ПАВ — это моющие средства, смачиватели, эмульгаторы, выравниватели и закрепители окрасок, антистатики, смягчители, водо-, масло-, грязеотгаликивающие вещества. ПАВ (диспергаторы, эмульгаторы, смачиватели) используются и при производстве некоторых красителей, синтетических моющих средств, чистящих паст, отбеливателей.

В качестве ТВВ можно рассматривать карбоомолы, применяемые для придания несминаемости целлюлозным тканям; препараты ДЦУ, ДЦМ (соли уксусной кислоты и продуктов конденсации цианоганида с формальдегидом), служащие закрепителями полученных окрасок; пероксид водорода — окислитель лейкосоединений и отбеливатель; трагант, декстрин, крахмал — загустители красок. Все это оказывает существенное влияние на состав и токсичность сточных вод.

Наибольшее внимание должно быть направлено на процессы, в результате которых образуются сточные воды, содержащие растворимые в воде органические красители, наиболее затрудняющие очистку окрашенных стоков. Нерастворимые красители сравнительно легко удалить методами физико-химической очистки (коагуляция, флотация, электрофлотокоагуляция) после корректировки pH солевого состава.

При синтезе красителей до 90% неорганического и до 30% органического сырья переходит в сточные воды (в основном на стадии фильтрования и в процессе мойки технологического оборудования, коммуникаций и помещений). Это обуславливает их высокую цветность, что оценивается показателем ИК — интенсивность (кратность) разбавления сточных вод дистиллированной водой до исчезновения окраски (порядка $1:10^6$). Удельный объем сточных вод на стадии фильтрования в зависимости от марки красителя достигает 40 м^3 на тонну готового продукта при высоком содержании минеральных солей в виде хлоридов натрия или калия (до 300 г/л) и красящих веществ — до 15 г/л . Фильтраты некоторых марок красителей содержат ионы тяжелых металлов. Сточные воды после промывки оборудования образуются в несколько раз большем количестве

(до 160 м³/т), чем фильтраты, имеют ИК до (1:16 000), содержат до 2,5 г/л органических веществ и до 4 г/л неорганических солей. Большое количество сточных вод образуется в процессе крашения, в которых кроме указанных красителей могут содержаться серная и уксусная кислоты, ПАВ, хромпик, ацетат и сульфат натрия, закрепители ДЦУ и ДЦМ, загустки, ализариновое масло, поваренная соль, формалин и ряд других реагентов. В процессе заключительной отделки на состав сточных вод влияют используемые аппретирующие вещества с сопутствующими компонентами (латексы, гликазин, метазин, карбомолы, стеарокс, хромалан, мягчители).

Основное водопотребляющее оборудование на предприятиях легкой промышленности располагается в красильно-отделочных производствах, где текстильные, трикотажные, кожевенные и меховые изделия проходят механическую и химическую подготовку к крашению или печати, само окрашивание и заключительную отделку.

Красители всех классов, кроме сернистых, являются трудно биохимически окисляемыми соединениями, ядами локального действия, обладающими токсическим и угнетающим воздействием на микроорганизмы. Сброс окрашенных сточных вод в водоемы оказывает отрицательное влияние на светопроницаемость воды, ассимиляцию водорослей, приводит к повышению минерализации (ухудшению вкусовых качеств воды и угнетению биохимической жизни в водоеме).

Исследования Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева (МИСИ) показывают, что биохимическое окисление красителей (кроме сернистых) не превышает 10%; большинство красителей в концентрации более 25 мг/л замедляет ход биологической очистки сточных вод (это значение принято как ПДК в стоках перед станциями аэрации). Необходимо обеспечить снижение содержания красителей на станциях аэрации в среднем на 70% (сорбцией взвешенных веществ при первичном отстаивании и активным илом или биопленкой в биоокислителях).

Присутствующие в окрашенных стоках ПАВ из-за своих специфических физико-химических способностей к пенообразованию, эмульгированию, солюбилизации наносят ущерб водоемам. Пенообразование снижает естественную аэрацию водоемов, замедляет процессы их самоочищения; солюбилизация повышает растворимость в воде других веществ. Все ПАВ способны эмульгировать нефтепродукты, жиры, масла и повышать стабильность их эмульсий в водоемах; а за счет синергического эффекта ПАВ усиливают токсичность других присутствующих в воде веществ. Концентрация некоторых ПАВ

около 10 мг/л приводит к отравлению рыбы из-за нарушения газообмена (ПАВ аккумулируются в жабрах).

При проектировании канализации предприятий легкой и текстильной промышленности необходимо учитывать возможность введения режима жесточайшей экономии воды, предельного снижения объемов образующихся сточных вод, подлежащих локальной очистке на данном предприятии. Сокращение расхода воды на оборудовании непрерывного цикла целесообразно осуществлять за счет использования слабозагрязненных промывных вод в противоточной промывке товара, что может снизить расход воды на 30–50%. Для подведения этих промывных вод при биологической очистке используется отдельная канализационная сеть, что требует совершенствования водопотребляющих процессов, применения малоотходных и безотходных операций или разделения сетей канализации отдельных цехов созданием замкнутых технологических циклов. Снижение отходов красителей и ТВВ достигается их улавливанием, регенерацией и повторным использованием в производстве.

Большой эффект дает использование раздельной системы канализации. По одной сети отводят фекально-хозяйственные и ливневые стоки, а по другим (число стоков зависит от дифференциации производства) промышленные стоки от соответствующих цехов в зависимости от используемых методов очистки стоков и утилизации отходов. Рациональной является схема разделения стоков красильно-отделочных производств на потоки:

1. Высококонцентрированный поток по органическим красителям (отработанные красильные рабочие растворы и стоки от химических станций), требующий автономной очистки с целью обезвреживания.
2. Высококонцентрированный поток по ПАВ и отделочным препаратам (отработанные рабочие растворы после отделки, беления), требующий автономной очистки для удаления ПАВ и ТВВ.
3. Сильнозагрязненные стоки (первые промывные воды от процессов крашения и отделки), требующие локальной предварительной очистки для удаления красителей, ПАВ и ТВВ перед выпуском в городскую канализационную сеть.
4. Слабозагрязненные стоки (все производственные стоки), не требующие предварительной очистки перед сбросом в городскую канализацию.

Такое решение канализационных сетей предприятий текстильной и легкой промышленности позволяет сконцентрировать до 80%

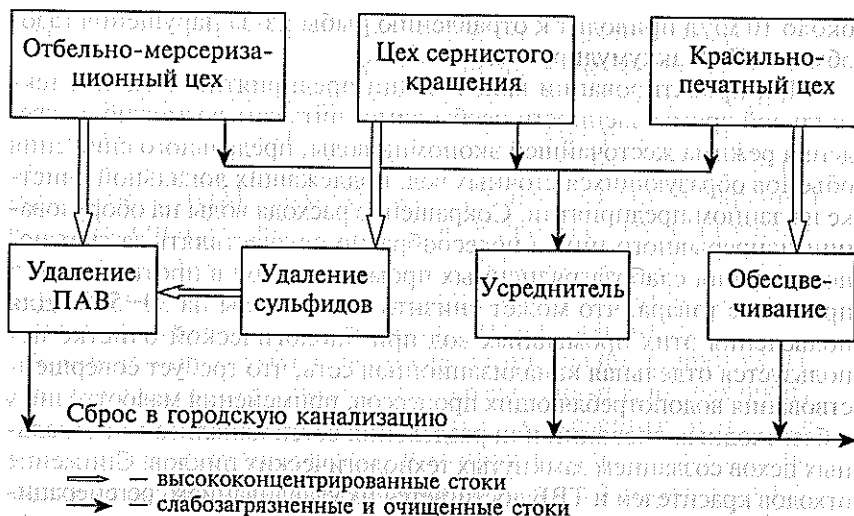


Рис. 5.2. Принципиальная схема очистки стоков ситценабивной фабрики.

загрязнений в минимальном объеме сточных вод. Концентрация органических загрязнений по ХПК в соответствующих потоках составляет: более 1000 мг/л — для 1-го и 2-го; 100–1000 мг/л — для 3-го потока, менее 100 мг/л — для 4-го потока. Но при этом особенно для 1-го и 4-го потоков необходимо учитывать очистку от других сопутствующих или специфических загрязнений (соли 6-валентного хрома при кислотно-хромировочном крашении и сульфиды при сернистом крашении). Пример такого решения для канализации и очистки производственных сточных вод ситценабивных фабрик приведен на рис. 5.2.

Необходимо экономически рассчитать целесообразность внедрения нескольких сетей канализации: для предприятий с расходом сточных вод менее 1000 м³/сут разделение канализации нецелесообразно, а более экономным может оказаться выделение загрязненного потока сточных вод.

Технологии переработки и утилизации отходов легкой и текстильной промышленности. В результате хозяйственной деятельности образуются отходы, которые могут быть использованы в других видах производства. Отходы (текстиль, лом металлов, макулатура, пластмасса, стекло) принято делить на отходы производства и отходы потребления.

Методы физико-химической очистки окрашенных сточных вод, применяемые в легкой промышленности, делят на три группы.

1. Методы, обеспечивающие извлечение загрязнений переводом их в осадок или флотошлам путем сорбции на хлопьях гидроксидов металлов, образующихся при реагентной обработке сточных вод (коагуляция, реагентная напорная флотация, электрокоагуляция). Для них характерны недостатки: невысокая степень очистки (особенно обесцвечивание); необходимость эмпирического подбора реагентов или материала электродов (усложняет обработку при непостоянстве компонентов стоков); трудности при автоматизации процессов дозировки реагентов; наличие значительного количества влажных осадков или флотошлама (требуется наличие дополнительных сооружений для их обезвоживания, складирования или захоронения); опасность загрязнения почвы и грунтовых вод.

2. Сепаративные методы (сорбция на активных углях и макропористых ионитах; обратный осмос, ультрафильтрация, пенная сепарация, электрофлотация). Эти методы (кроме пенной сепарации и электрофлотации) обеспечивают высокую степень очистки сточных вод, но при условии предварительной механохимической обработки, удаляющей нерастворимые примеси, т.е. имеют все недостатки первой группы. Кроме того, методы 2-й группы сложны в аппаратном исполнении и имеют высокую себестоимость очистки, что ограничивает их применение в системах замкнутого водоснабжения.

3. Деструктивные методы основаны на глубоких превращениях органических молекул в результате редокс-процессов. Методы 3-й группы имеют высокую эффективность, технологичность, компактность, простоту автоматизации и управления. При их реализации не продуцируются осадки, а в очищаемую воду не вносятся дополнительные загрязнения, характерные для хлоридных, сульфатных и прочих ионов, имеющих место при реагентных методах очистки. Деструктивная очистка на основе разного рода окислительно-восстановительных реакций позволяют изменять структуру органических красителей вплоть до нарушения хромофорно-ауксохромного строения с последующим глубоким их расщеплением до более простых, легко окисляемых органических продуктов или минеральных соединений; обеспечивает полную деградацию ПАВ с потерей их поверхностно-активных свойств.

Из деструктивных методов очистки применяются: очистка сточных вод окислением; реагентная восстановительно-окислительная

очистка; электрохимическая очистка и электрокаталитическая деструкция.

Окислительные методы обеспечивают глубокие превращения сложных органических молекул под действием окислителя с образованием простых соединений, легко усваиваемых микроорганизмами в ходе биохимической очистки или в процессе самоочищения. В качестве окислителей используют озон, пероксид водорода, хлор и его соединения. Установлено [37], что при обработке растворов, содержащих смесь красителей и ПАВ, даже при полном обесцвечивании происходит лишь частичное окисление ПАВ. При озонировании происходит окисление отдельных функциональных групп органических красителей без разрушения ароматических колец. На окисление сопутствующих красителям и ПАВ примесей увеличивается расход озона и продолжительность обработки. Например, при озонировании стоков ситценабивной фабрики с интенсивностью окраски 1:256 за 90 мин окраска снижается на 95%, а взятых модельных растворов красителей — за 8 мин. К недостаткам озонирования прежде всего относятся: недостаточная степень окисления химически стойких органических веществ, что может привести к образованию более токсичных примесей; большая энергоемкость процесса, достигающая 11 кВт на получение 1 кг озона; сложность аппаратуры для получения озона. Более целесообразно применять озон для доочистки биохимически очищенных стоков или в системах оборотного водоснабжения после предварительной механохимической очистки.

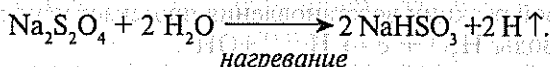
Представляет интерес использовать в технологиях водоочистки экологически чистый окислитель H_2O_2 (пероксид водорода). В разбавленных растворах (а стоки именно такие) этот процесс протекает крайне медленно, что требует применения катализаторов. При этом окислительным агентом является не сам пероксид водорода, а продукты его распада с более высоким редокс-потенциалом. Для очистки сточных вод перспективней использовать пероксид водорода после предварительного концентрирования их на специально подобранном адсорбенте-катализаторе (пористый силикагель, покрытый промотирующими добавками оксидов никеля, меди, кобальта). При этом глубокая деструкция пероксидом водорода органических загрязнений происходит не в жидкой фазе, а на поверхности адсорбента-катализатора, что дает возможность организации процесса в оптимальных условиях. Оптимальная доза пероксида водорода составляет 4 мг на 1 мг O_2 (по ХПК) хемосорбированных органических загрязнений, при которой происходит 100% обесцвечивание сточ-

ной воды и снижение ХПК на 96% при исходном значении 140 мг/л. Применение ограничивается высокой стоимостью реагента.

Наиболее перспективными в настоящее время считаются деструктивные превращения под воздействием хлора и его соединений. Они не только эффективны по степени обесцвечивания красителей и снижения ХПК, но и достаточно экономичны. Свободный или входящий в состав соединений хлор способен вступать в реакции хлорирования и окисления органических веществ, обладает высоким окислительным потенциалом и относительной дешевизной, что характеризуется концентрацией активного хлора (а. х.). Аппаратурное оформление хлораторных достаточно компактно и поддается автоматизированию. На практике обработку хлором или гипохлоритом часто сочетают с коагулированием, УФ- или гамма-облучением, что позволяет существенно повысить степень очистки стоков в тонком слое обрабатываемой воды или при малом объеме стоков.

К недостаткам применения а.х. относится: высокая хлороемкость сточных вод большой окисляемости; изменение солевого состава воды и увеличение плотности остатка; вероятность образования хлорпроизводных и хлоратов, подлежащих в последующем удалению. Кроме того, процесс очистки длится до двух часов, но и после этого в обработанной воде остается значительное количество а.х., т.е. необходимо принятие специальных мер для дехлорирования.

Метод реагентной деструкции. Очистка окрашенных сточных вод, загрязненных растворенными органическими веществами (красители, ПАВ, ТВВ), является биохимически стойкой. Поэтому для обесцвечивания требуется глубокая деструкция их молекул. В химических технологиях для обесцвечивания окрасок текстильных изделий применяют разрушение красителей проведением реакции восстановления с использованием атомарного водорода, что приводит к нарушению их хромофорно-ауксохромной структуры. Обесцвечивания можно достичь и за счет разрушения красителей белящими веществами, которые также обладают восстановительными свойствами. Изделия обесцвечивают в щелочном растворе гидросульфита натрия или в кислом растворе ронгалита под действием температуры и влаги с выделением разных конечных продуктов, в том числе атомарного водорода:



Использование для физико-химической деструкции гидросульфита натрия или ронгалита нерентабельно из-за значительного рас-

хода этих дефицитных реагентов (даже на слабозагрязненный общий сток до 3 кг/м³), хотя при этом успешно осуществляется глубокое обесцвечивание окрашенных сточных вод. Но полезно помнить, что атомарный водород может быть получен при взаимодействии разбавленной соляной или серной кислоты с металлическими стружками.

Сущность процесса реагентной деструкции заключается в разрушении красителей и ПАВ с помощью кислотного гидролиза; восстановлении атомарным водородом в момент его выделения при взаимодействии подкисленного кислотой стока с железными стружками; щелочного гидролиза и адсорбции продуктов расщепления органических веществ на хлопья гидроксидов железа при последующем подщелачивании.

Метод электрохимической очистки (окисления) получил широкое признание после появления новых, дешевых и коррозионно-устойчивых электродных материалов. Достаточно высокая эффективность очистки сточных вод, надежность и быстрый вывод оборудования на рабочий режим, отсутствие осадков также указывает на перспективность этого метода.

Сущность метода электрохимической деструкции заключается в обработке стоков в аппарате с нерастворимыми в условиях анодной поляризации электродами. Это обеспечивается наличием в стоках хлорид-ионов, соответствующим подбором анодного материала и режимом обработки. Глубина минерализации органических загрязнений определяется электродными редокс-процессами (катодное восстановление и анодное окисление) и объемными реакциями под воздействием продуктов электролиза.

Процессы электрохимической очистки стоков протекают с образованием газовой фазы. При наличии внешнего электрического поля на катоде происходит выделение водорода и электролитическое восстановление органических соединений:

В кислых растворах восстановление иона водорода можно представить в следующем виде: сначала происходит разряд катиона с потерей им гидратной оболочки и адсорбция (адс.) на поверхности электрода: $\text{H}_3\text{O}^+ + \bar{e} \rightarrow \text{H}_{(\text{адс.})}$; затем образуется молекула водорода путем рекомбинации ионов $\text{H}_{(\text{адс.})}$: $\text{H}_{(\text{адс.})} + \text{H}_{(\text{адс.})} \rightarrow \text{H}_2$.

В щелочных растворах при ничтожно малых концентрациях H_2O разряд в первой реакции восстановления протекает непосредственно из молекул воды $\text{H}_2\text{O} + \bar{e} \rightarrow \text{H}_{(\text{адс.})} + \text{OH}^-$.

Значение водородного перенапряжения зависит от состава раствора, материала катода, плотности тока, состояния поверхности катода, температуры.

Реакции электровосстановления органических веществ в водных стоках связаны с механизмом выделения водорода на электроде при разных восстанавливающих элементах: электроны, ионы или атомы водорода. При электротехнической реакции на катоде молекулы органического вещества превращаются в органические анионы $R + e \rightarrow R^-$. Затем происходит нейтрализация аниона с образованием продукта гидратирования $R^- + H^+ \rightarrow RH$. Ароматические соединения, к которым относятся и красители, электролитически восстанавливаются на металлах с высоким перенапряжением (ртуть, свинец, кадмий) при значительном расходе электроэнергии.

Процессы электроокисления протекают труднее, чем катодные процессы электровосстановления. При окислении органических соединений учитывается влияние самых разнообразных факторов, в том числе энергетическая неоднородность анода, участие в процессе частиц $OH_{(ан.)}$. Иногда окисление протекает по электронному механизму, т.е. органическое вещество, адсорбируясь на аноде, отдает электроны с одновременной дегидратацией: $R - H - e \rightarrow R^* + H^+$. Дальнейшие превращения органического радикала R^* определяются его реакционной способностью.

Наиболее важным условием успешного протекания электролиза и направления электрохимического процесса по желаемому пути является выбор материала электродов в зависимости от природы исходного и конечного продуктов процесса, химической устойчивостью электрода, его инертности к среде, в которой происходит электролиз.

Выделение водорода, кислорода или хлора на различных электродах происходит при разных потенциалах, а при выборе материала электродов необходимо учитывать значение перенапряжения этой электротехнической реакции на данном электроде.

В процессе электрохимической деструкции высокое перенапряжение выделения водорода приводит к непроизводительному расходу электроэнергии. Наибольшее распространение получили катоды из дешевой стали марки Ст3. Поскольку электрохимическое обезвреживание сточных вод предпочтительней выполнять окислением органических красителей на аноде при использовании в объеме обрабатываемых стоков компонентов активного хлора, то особое внимание необходимо уделить выбору материала анода. Особыми условиями работы анодов при электролизе разбавленных растворов $NaCl$ является разряд на них ионов хлора и выделение кислорода. Аноды должны иметь достаточную механическую прочность, технологичность изготовления, химическую устойчивость к агрессивным сре-

дам. Среди используемых материалов графит как анодный материал заслуживает серьезного внимания: он отвечает предъявленным требованиям, обладает высокой электропроводимостью и дешевизной. Недостатком графитового анода является значительная пористость, что приводит к впитыванию больших количеств раствора соли, а поэтому действие электрического тока проявляется не только на поверхности, но и внутри анода. Это создает условия для разрушения электрода, так как из-за окисления («сгорания») графита продуктами электролиза происходит разрыхление его структуры выделяющимися газами и осыпанию зерен углерода.

Основой электролиза являются процессы разложения веществ (или получение новых продуктов) на границе электрод-раствор при прохождении электрического тока через реакционное пространство. Загрязненные стоки — это растворы электролита, в котором присутствуют посторонние ионы в определенной концентрации, гидроксид-ионы и катионы водорода, образующиеся при диссоциации воды.

При электрохимической деструкции органических загрязнений окислительным агентом служит генерируемый в объеме обрабатываемых стоков активный хлор, количество которого определяется концентрацией хлорид-ионов. Если их недостаточно, то в жидкие стоки добавляют раствор NaCl .

Присутствие катионов в сточных водах по-разному влияет на процесс электролиза. Ионы металлов переменной валентности (кобальт, никель, медь, железо, марганец) снижают выход активного хлора по току из-за каталитического разложения кислородосодержащих соединений хлора, но по этой же причине увеличивают общую степень очистки органических загрязнений за счет образующегося атомарного кислорода. Ход электролиза зависит от наличия, активности и концентрации этих соединений в сточных водах. Ионы кальция, алюминия и хрома повышают концентрацию активного хлора в электролите из-за образования защитных пленок из этих веществ на поверхности катода, что вызывает торможение восстановления гипохлорит-ионов. Но такое сокращение поверхности катода приводит к увеличению напряжения на электродах, т.е. увеличению расхода энергии. Карбонаты и бикарбонаты также отрицательно влияют на процесс образования активного хлора из-за их окисления выделяющимся при электролизе хлором. Очистку от образующихся карбонатных и бикарбонатных отложений осуществляют периодической промывкой кислотой.

Влияние некоторых сопутствующих красителям примесей (аммиак, фенол, бензол, этиловый спирт), в основном, связано с их

способностью взаимодействовать с соединениями хлора. Они при окислении активным хлором увеличивают расход энергии на обесцвечивание и непосредственное окисление стоков. Другие же соединения (например, уксусная кислота) практически не влияют на процесс электролиза, так как не подвергаются окислительной деструкции активным хлором.

Затраты на приобретение поваренной соли можно сократить использованием при электрохимической очистке окрашенных сточных вод регенерационных хлоридных растворов (отходы производства, сброс которых в канализацию и водоемы лимитирован) от станций по ионообменному умягчению и обессоливанию воды.

Максимальная окислительная способность гипохлоритной системы (эффект очистки) модельных растворов красителей наблюдается в нейтральной среде (рН 7). Наибольший эффект очистки по ХПК (58%) и по обесцвечиванию (98%) получен при рН 6,9; максимальный расход хлора наблюдается в сильноокислой среде (рН < 1,5), так как в этих условиях часть активного хлора после рекомбинации атомарного хлора в виде газа улетучивается в атмосферу. При этом могут образовываться весьма токсичные соединения.

Метод электрокаталитической деструкции. При электрохимическом окислении органических примесей на нерастворимых электродах часто имеет место недостаточный окислительный потенциал системы, что приводит к разрушению только легко окисляемой части органических примесей без их глубокого расщепления. Поэтому необходимо вести электролиз при параметрах, обеспечивающих достаточный избыток активного хлора для повышения окислительного потенциала системы. Но это увеличивает расход электроэнергии и накопление активного остаточного хлора, окислительная способность которого полностью не используется.

Совместное применение катализаторов и электрогенерируемых окислителей позволит полнее использовать окислительную мощность реагентов и достичь глубокой минерализации органических веществ. В присутствии катализаторов происходит ускоренное разложение активного хлора с образованием атомарного кислорода, обуславливающего повышение скорости и глубины минерализации органических веществ. При этом в качестве катализаторов используются ионы металлов переменной валентности (кобальт, никель, медь, железо, марганец) и активированные угли. В их присутствии значительно повышается окислительная способность растворов активного хлора (например, марганец в этих условиях способен изменить свою валентность от +2 до +7, т.е. ион марганца может одновременно взаи-

модействовать с несколькими молекулами активного хлора). При этом надо искать пути использования в качестве катализатора дешевых отходов химической промышленности.

Процесс электрокаталитической деструкции осуществляется одним из следующих способов:

- ♦ введением в электродное пространство вместе с потоком жидкости подвижного гомогенного или гранулированного неподвижно-го гетерогенного катализатора,
- ♦ введением катализатора в поток жидкости после электролиза в специальном реакторе.

Преимущество первого способа в том, что есть возможность многократного использования хлорид-иона в одном и том же электро-реакторе (образующийся при разложении активного хлора атомарный кислород немедленно вступает в реакцию окисления или рекомбинируется в молекулярный кислород, а хлорид-ион разряжается снова на аноде с образованием активного хлора, т.е. концентрация ионов хлора в растворе остается неизменной, хотя они непрерывно участвуют в окислительно-восстановительных процессах). Но при применении гомогенных катализаторов в технологии водоочистки имеют место большие потери катализаторов (повышает затраты), что требует принятия мер по их возвращению в цикл (например, созданием дополнительных узлов улавливания и регенерации катализаторов, что усложняет схему процесса). Размещение гранулированных катализаторов в межэлектродном пространстве несколько упрощает технологическую схему очистки сточных вод. Но и здесь имеет место существенный недостаток: в междуэлектродном пространстве гранулы катализатора работают как биполярные микро-электроды, которые быстро разрушаются и уносятся потоком жидкости. Они же могут забить поры, т.е. уменьшить пропускную способность системы. Не менее существенна опасность разрушения ими активного слоя анодных пластин.

Технологически и экономически перспективней использовать в отдельном реакторе твердые катализаторы в роли активных центров гетерогенного катализа. При этом электролизер используется для минерализации легко окисляемых органических соединений и получения активного хлора в нужном количестве. Затем активный хлор используется в реакторе для синтеза активированного атомарного кислорода, обеспечивающего окисление остаточных трудно окисляемых компонентов. Это значительно снижает затраты, повышает эффективность очистки стоков.

Для очистки сточных вод кожевенного производства от красителей, ПАВ и тяжелых металлов с показателем ХПК не выше 100 000 мг O_2 /л может быть использована технологическая схема, представленная на рис. 5.3.

Сточные воды из бассейна (1) после реагентной обработки (2), обеспечивающей расщепление и окисление красителей, коагуляции и соосаждения тяжелых металлов, красителей и ПАВ, поступают в отстойник (3). Одновременно осуществляется корректировка pH до необходимых значений. После отстаивания осветленная вода подается на электролизер (4), где под действием электрического поля происходит дополнительное разрушение оставшихся высокомолекулярных красителей и органических веществ. Затем вода проходит очистку от мелкодисперсных и коллоидных частиц на напорных фильтрах с зернистой загрузкой (6) и от низкомолекулярных органических соединений в адсорбере (7). Подготовленная таким образом вода поступает на узел разделения (8), где происходит ее обессоливание, удаление оставшейся части красителей, ПАВ, солей тяжелых металлов. Очищенная вода (13) повторно используется в производственном цикле. Концентрат подается на выпарную установку (9), после которой сухой остаток (11) направляется на утилизацию (захоронение). Образовавшаяся в процессе выпаривания смесь после охлаждения в теплообменнике (10), смешивается с пермеатом и используется в производственных процессах (12).

Осадок по мере накопления в отстойнике (3) периодически направляется на узел обезвоживания (5), шлам — на утилизацию, а фильтрат — в бассейн сточных вод (1). Для регенерации мембран производится химическая мойка специальным составом. Необходимо

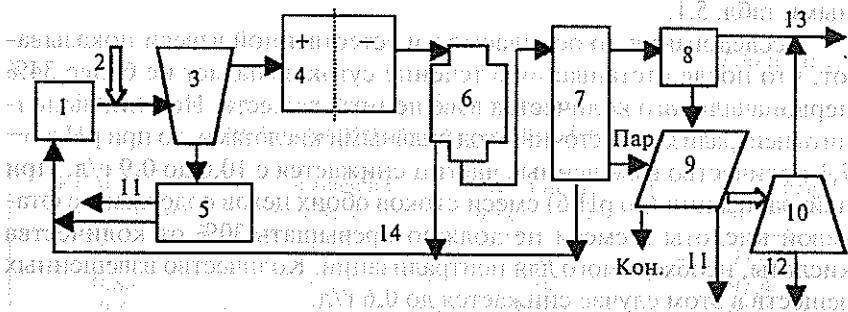


Рис. 5.3. Принцип очистки сточных вод кожевенного производства.

периодически проводить промывку зернистой загрузки напорных фильтров и регенерацию сорбента. Искользованные после промывки продукты направляются в бассейн сточных вод (1). Установка обеспечивает производительность $1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$; степень оборотного использования воды 95%; необходимая производственная площадь 20 м^2 .

Несмотря на достаточно высокую степень очистки окрашенных сточных вод надо иметь в виду, что большинство предприятий легкой промышленности и бытовой химии расположены в небольших населенных пунктах. В них нет сооружений для биохимической очистки сточных вод. Поэтому перед выпуском недостаточно очищенных сточных вод в малоомощные водные источники требуется доочистка стоков. Здесь должны быть рассмотрены возможности применения методов биохимической доочистки и применения эффективных методов глубокой физико-химической доочистки.

В литературе исследования по результатам очистки сточных вод лакокрасочных предприятий освещены недостаточно. Это можно объяснить многообразием способов производства красителей, а, следовательно, качественным составом компонентов в стоках и их процентным содержанием. При этом каждый завод выпускает самую разнообразную продукцию и использует различные виды сырья. Сточные воды лакокрасочного завода (г. Ярославль) — мутные с резким специфическим запахом красок, олиф и лаков общим объемом до $1600 \text{ м}^3/\text{сут}$. При этом стоки двух цехов требуют обязательной химико-механической очистки до сброса в общезаводскую канализацию: цех металлоры (25,8 $\text{м}^3/\text{сут}$) и лакомасляный цех (стоки объемом 8,6 $\text{м}^3/\text{сут}$, содержащие фталевую кислоту; стоки сиккативного отделения 4 $\text{м}^3/\text{сут}$). Загрязненность сточных вод цеха металлоры, имеющие темно-коричневый цвет, характеризуется данными табл. 5.1.

Исследования по осаждаемости естественной взвеси показывают, что после отстаивания в течение суток выпадает не более 34% первоначального количества взвешенных веществ. Но если выполнить нейтрализацию сточных вод сильными кислотами, то при pH 6,6–7,1 количество взвешенных частиц снижается с 10,6 до 0,9 г/л. При нейтрализации (до pH 6) смеси стоков обоих цехов содержание фталевой кислоты в смеси не должно превышать 30% от количества кислоты, необходимого для нейтрализации. Количество взвешенных веществ в этом случае снижается до 0,6 г/л.

Кинетика осветления нейтрализованных стоков дана в табл. 5.2: уплотняемость осадка заканчивается через 1 ч после его образования

Таблица 5.1

Загрязненность сточных вод цеха металлотары

Параметр, размерность	Величина
pH	10–13
Едкий натр, г/л	3–8
Взвешенные вещества, г/л	1–15
Плотный остаток, г/л	7–21
ХПК, г/л O ₂	2–33
Щелочность, мг-экв/л	80–100
Потери обжига, г/л	5–10
БПК _{пол} , г/л O ₂	0,7–6

при влажности его 99,6%, а затем снижается до 94%. Удельный вес осадка составляет 1,07–1,1, а угол скольжения 40°.

Сточные воды лакомасляного цеха содержат фталевую кислоту (концентрация до 25 г/л), имеют желтую окраску и температуру около 80°C. При снижении температуры сточных вод происходит кристаллизация фталевого ангидрида, что вызывает снижение концентрации фталевой кислоты до 16,5 г/л при температуре 20°C, что и рекомендуется делать. Некоторые исследователи рекомендуют сжигать воды, содержащие фталевую кислоту, но в данном случае часть этих вод можно использовать для нейтрализации щелочных сточных вод цеха мойки металлотары.

В сточных водах сиккативного отделения лакомасляного цеха наиболее вредными примесями являются свинец (до 10 г/л) и марганец (до 11 г/л). Для очистки этих стоков применяют доломит, сульфид натрия, известь, подщелачивание сточными водами цеха мойки ме-

Таблица 5:2

Количество выпавшей взвеси (% от начального) в зависимости от гидравлической крупности (мм/с)

Крупность взвеси, мм/с	% выпавшей взвеси	Крупность взвеси, мм/с	% выпавшей взвеси
2,5	79,5	0,167	98,4
0,83	97,2	0,083	97,4
0,5	97	0,041	97,6
0,25	96,5	0,028	98,4

Таблица 5.3

Влияние подщелачивания сиккативных стоков известью

рН	Свинец, мг/л	Марганец, мг/л	рН	Свинец, мг/л	Марганец, мг/л
7,7	2,5	2200	8,4	0,15	900
7,8	0,7	1900	8,5	0,14	900
7,9	0,5	1800	8,7	0,17	850
8,2	0,2	1700	8,9	0,5	418
8,3	0,17	1400	11,9	30	1,6
Исходная сточная вода			6,4	486	2700

таллотары. Наиболее экономичным является подщелачивание этих стоков гашеной известью (табл. 5.3).

Из данных табл. 5.3 видно, что повышение рН сточных вод от 6,4 до 8,5 снижает концентрацию свинца в них до 0,14 мг/л. Дальнейшее повышение величины рН сопровождается ростом концентрации свинца до 30 мг/л из-за образования легкорастворимых плюмбатов. Содержание марганца с повышением величины рН снижается и при рН 12 он практически отсутствует. Поскольку токсичность свинца по сравнению с марганцем выше, то выщелачивание сиккативных сточных вод гашеной известью целесообразно проводить до рН 8,5–8,65.

Необходимо держать под контролем интенсивность развития микрофлоры. В смеси бытовых отходов и отходов легкой промышленности наблюдается постоянное падение уровня дыхания микроорганизмов из-за уменьшения продуктов питания в связи с окислением органических соединений и накоплением продуктов обмена. Подпитка биогенными элементами требует введения дополнительного реагентного узла и создает угрозу вторичного загрязнения из-за возможности зарастания водорослями. Поэтому часто для доочистки стоков используют физико-химические методы, например, озонирование, которое обеспечивает глубокое обесцвечивание стоков и достаточно полное удаление биохимически окисляемых органических веществ. Так, при озонировании биохимически очищенных сточных вод красильно-отделочных фабрик эффект очистки по БПК достигает 88%, а по ХПК — до 76 мг/л.

НИИ КВОВ разработал способ нагрева жидкого осадка во встречных струях газозвеси. При этом осадок эжектируется двумя встречно направленными высокотемпературными (до 800°C) струя-

ми топочных газов, истекающими с большими скоростями (более 100 м/с) из сопел камер сгорания, в которых сжигается жидкое или газообразное топливо. Дополнительная обработка осадка осуществляется в процессе его пропуска в смеси с топочными газами через слой ранее нагретого осадка, что сокращает потери тепла с отходящими газами. Нагревание механически обезвоженного осадка может осуществляться в камерах дегельминтизации, представляющих собой горизонтальную ленточную сушилку радиального типа, в которой получение теплового потока обеспечивается применением инфракрасных газовых горелок.

Одновременно с процессом обезвоживания осадка происходит его дробление. Для этого осадок пропускают через грохоты, которые могут быть установлены как перед, так и после сушилки. В зависимости от типа грохота и скорости вращения его барабана осадок дробится на частицы различного размера. Дробление осадка способствует его более равномерному нагреванию и уменьшению потерь тепла при сушке. Кроме того, дробление осадка способствует его более равномерному распределению по длине сушилки.

После сушки осадок может быть использован для различных целей. Например, он может быть использован для производства удобрений, строительных материалов или для сжигания в котлах. В зависимости от назначения осадка его могут подвергнуть дополнительной обработке. Например, для производства удобрений осадок может быть подвергнут грануляции. Для производства строительных материалов осадок может быть подвергнут прессованию. Для сжигания в котлах осадок может быть подвергнут измельчению.

В настоящее время в мире существует несколько технологий переработки и утилизации отходов пластмасс. Наиболее распространенной является технология сжигания отходов пластмасс в котлах. В этой технологии отходы пластмасс сжигаются в котлах, в которых производится выработка электроэнергии. Другой распространенной технологией является технология переработки отходов пластмасс в топливо. В этой технологии отходы пластмасс перерабатываются в жидкое или газообразное топливо, которое затем используется для выработки электроэнергии.

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ И ДЕРЕVOOБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Отходы целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Технологические процессы деревообрабатывающих производств сопряжены с выделением в атмосферу теплоты, газов, паров, пыли. Так, в цехах по производству мебели, древесноволокнистых и древесностружечных плит, на участках ламинирования в воздушную среду поступает целый комплекс вредных веществ из лакокрасочных материалов, клеевых композиций, пропиточных смол, из некоторых видов тропических и твердых пород древесины. Наиболее опасным является поступление в воздушную среду из смол и клеев формальдегида и фенола. Клеи-расплавы и универсальные клеи загрязняют атмосферу стиролом, инденом, кумарином, изоцианатами; нитроцеллюлозные, полиэфирные и полиуретановые лаки — органическими растворителями, стиролом, циклогексаноном, изоцианатом.

При обработке изделий в воздушную среду поступает до 15% свободного формальдегида, содержащегося в смоле. Длительное воздействие формальдегида на организм человека приводит к функциональным нарушениям работы печени, желудочно-кишечного тракта. Часто формальдегид выделяют готовые изделия. Воздействие древесной пыли приводит к заболеванию органов дыхания, кожных покровов и слизистой оболочки глаз, а после длительного воздействия — к развитию пневмокониоза и пылевого бронхита.

Степень опасности воздействия древесной пыли на организм зависит от ее физико-химических свойств, размера и формы пылевых частиц (чем они мельче, тем больше проникающая способность пыли в органы дыхания). При шлифовании и полировании лаковых покрытий образуется пыль лакокрасочных материалов с содержанием абразивных частиц. Среди рабочих, занятых обработкой твердых пород древесины, отмечается увеличение числа случаев онкологических заболеваний. Неблагоприятное воздействие на кожные покровы оказывают дубильные и красящие вещества, в значительном количестве содержащиеся в древесине тропических и некоторых твердых пород.

На деревообрабатывающих предприятиях опасность представляют выделяющиеся из древесины летучие компоненты (особенно при ее гидротермической обработке) и пыль (при шлифовании). Но даже дома опасность не меньше, поскольку основным поделочным материалом являются древесностружечные плиты (ДСП) — спрессованные стружки с добавлением «связки» (полимерных карбамидоформальдегидных или фенолоформальдегидных смол), которые постоянно выделяют формальдегид и фенол. Даже собственная квартира не спасает от загрязненного воздуха улицы. Проведенные замеры показали, что загрязненность воздуха внутри помещений, где человек проводит до 80% времени, в 1,8–4 раза выше, чем на улице.

В жилых помещениях присутствует более 100 летучих химических веществ и аэрозолей металлов (свинец, кадмий, ртуть, цинк). Причина этого — «химизация» строительства и бесконтрольное использование добавок в строительные материалы вредных веществ и промышленных отходов (табл. 6.1). Современный мягкий диван (кресло) представляет собой каркас, обложенный поролоном и обшитый синтетической тканью. А это — вспененный полимер, который при возгорании образует смертельно опасные газы (например, пары синильной кислоты).

Все вышеперечисленное требует с особой тщательностью разрабатывать методы защиты и в первую очередь воздушной среды, а меры технологического характера должны исключить прямой контакт работающих с обрабатываемой древесиной. В целях улучшения условий труда и обеспечения нормативных параметров воздушной среды в производственных помещениях используют различные системы вентиляции.

Уровни опасных и вредных производственных факторов при окрасочных и других видах работ не должны превышать предельно

Таблица 6.1

Химические вещества, выделяемые отделочными материалами и мебелью

Наименование вещества	Источник поступления
Формальдегид	ДСП, ДВП, мастики, пластификаторы, шпаклевка, смазки для бетонных форм
Фенол	ДСП, линолеумы, мастики, шпаклевка
Стирол	Теплоизоляционные и отделочные материалы на основе полистиролов
Бензол	Мастики, клеи, линолеумы, цемент и бетон с добавками отходов
Ацетон, этилацетат, этилбензол	Лаки, краски, клеи, шпаклевка, мастики, смазки для бетонных форм
Гексанылы	Костный клей, цемент с добавкой, смазки для бетонных форм
Пропилбензол	Клей АДМК, линолеум ЛТЗ-33, мастики (ВСК, 51-Г-18), шпаклевка
Хром, никель	Цемент, бетон, шпаклевки с добавками промышленных отходов
Кобальт	Красители и стройматериалы с добавками промышленных отходов

допустимых значений, предусмотренных нормативными документами (ГОСТ, санитарные нормы, нормы проектирования и строительства, документами Минздрава). Интенсивность загрязнения воздушной среды зависит от способа нанесения лакокрасочного материала, его химического состава и свойств компонентов, физико-химических свойств применяемых растворителей. Интенсивность выделения летучей части лакокрасочных материалов определяется режимом сушки (температура, подвижность воздуха) готовых изделий или их элементов. При окраске бумаги и древесины применяются красители: кислотные (натриевые, аммониевые или калиевые соли), основные (основные аминогруппы), прямые (электронодонорные амино- и оксигруппы ауксохромов).

Бумага состоит из спрессованных слоев волокон целлюлозы, получаемых из древесины. Древесина дробится, полученная щепа обрабатывается химическими методами для освобождения волокна (рис. 6.1) в огромных стальных котлах при высоком давлении в

Поддавляющее большинство органических веществ этих отходов, подвергаясь гниению, разложению и другим воздействиям атмосферного воздуха и влаги, образуют химические соединения, что оказывает вредное воздействие на окружающую среду, преимущественно на атмосферу и водоемкие источники. Особенно опасны как загрязнители сточные воды от предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Их стоки содержат опилки, древесные волокна, щепу, кору, смолу, которые активно поглощают кислород в процессе окисления, засоряют воду, изменяют ее цвет, придают ей неприятный запах и вкус, способствуют развитию грибковых обростаний по дну и берегам. Состав, количество и опасность загрязнителей в стоках предприятий целлюлозно-бумажной промышленности зависят от вида продукции и совершенства технологических процессов на них (например, в производстве технологической щепы для выпуска целлюлозы и древесной массы из нее).

Способы переработки отходов целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности. Использование древесных отходов в строительстве. Наиболее распространенным методом защиты воздушной среды является очистка воздуха в гидрофилтрах, каталитическое дожигание летучих компонентов, рассеивание вентиляционных выбросов (высокие трубы), рациональное размещение производств в жилых районах. Гидрофилтрами оборудуются участки, где производится окраска распылением (их эффективность достигает 90%), но они не очищают воздух от паров растворителей (такая очистка может быть выполнена каталитическим дожиганием при достаточно высокой концентрации паров растворителя в воздухе). При очистке каталитическим способом применяют металлические, керамические или комбинированные конструкции с использованием катализаторов (платина, палладий, окислы хрома, железа, меди, кобальта). Сжигание обычно осуществляется в пламени природного газа, компоненты которого также окисляются. Эффективное окисление (сжигание) происходит при содержании кислорода в очищаемом выбросе не менее 17%.

В состав гидрофилтра входит орошаемый воздухопровод; оросительные приспособления (переливные лотки, перфорированные трубы, форсунки); каплеуловитель и отстойник. Длительная эксплуатация гидрофилтра приводит к забиванию воздухопроводных каналов и водоподающих устройств слоем краски, что снижает эффективность улавливания и увеличивает аэродинамическое сопротивление. Процесс очистки трудоемок. Жидкость в гидрофилтре должна периодически заменяться во избежание ее загнивания (целесообразно бес-

печить обратное водоснабжение с очисткой жидкости в бассейне-отстойнике; допускается — с использованием гидроциклона или осуществлять очистку ее во флотационной установке). Полученный осадок после обезвоживания удаляется в шламонакопитель или на свалку. Для предотвращения загрязнения внутренних поверхностей гидрофилтра в воду добавляют кальцинированную или каустическую соду, эмульгатор или гексахлорофен.

Для очистки воздушных выбросов от органических соединений даже при низких концентрациях успешно применяется сравнительно дешевый сорбционный способ, при котором абсорбентом является вода, минеральные масла, раствор едкого натра, карбоната аммония. Адсорбционный способ очистки воздуха предусматривает контакт с твердыми телами (активированный уголь, мелкопористые материалы), способными выборочно удерживать на своей поверхности отдельные компоненты газовой смеси. Адсорбированные на поверхности твердого тела загрязнители удаляются паром или нейтральными газами.

Загрязненную жидкость в пылеуловителях мокрого типа периодически очищают от уловленных аэрозолей и химических веществ подробно рассмотренными в других главах способами: механическими, физико-химическими, химическими, электрохимическими, биологическими, термическими и комбинированными.

Удаляемая из пылеуловителей и фильтров пыль накапливается в бункерах, из которых ее регулярно удаляют. Внутренняя поверхность бункеров не должна иметь уступов и большой шероховатости стенок во избежание отложения на них пыли. Геометрические размеры и формы бункера регламентируются требованиями нормативных документов. При этом диаметр цилиндрического бункера должен быть не менее 1,5 диаметра циклона, а диаметр конического — не менее 1,2; высота цилиндрической части — не менее 0,8 диаметра циклона, а угол наклона конической части — не менее 60° .

Разгрузка пыли из бункера, особенно в открытую тару, сопровождается интенсивным загрязнением атмосферы, что ухудшает условия труда персонала, повышает опасность возникновения пожара и взрыва.

Удаляемую из бункера пыль и опилки можно использовать для промышленных целей: сжигание (для получения тепла); изготовление брикетов из опилок (массой 0,3–0,4 кг при влажности 12–15%); изготовление древесного угля, плит (добавки пыли и опилок в их средний слой), формирование наружных слоев ДСП, различных прессованных изделий (оконные блоки, тара, контейнеры); переработка вместе с корой на удобрения.

Исследования по сжиганию осадка в горизонтальных и вертикальных циклонных топках промышленного масштаба производительною до 1 т по сухому веществу в час выполнялись на станции аэрации Байкальского целлюлозного завода и Котласского целлюлозно-бумажного комбината. Сжиганию подвергался осадок после термической сушки в сушилке со встречными струями топочных газов. Полученные данные подтвердили целесообразность подачи на сжигание достаточно сухого (менее 30% влажности) и мелкодисперсного осадка. Огромным полем применения хлора в комбинации с органикой является целлюлозно-бумажные комбинаты и химические заводы, выпускающие пестициды, растворители, присадки для автомобильных нужд. Опасность этого заключается в том, что при наличии «компаньона» хлор становится источником образования диоксинов. В настоящее время всеми силами исключаются из жизни технологии, в которых при производстве бумаги используется хлор.

При горении нейлона, поролон, многих синтетических тканей и покрытий, полиуретановой набивки мебели выделяются цианиды (соли синильной кислоты). Обломки старых деревянных построек также могут оказаться опасными, если они были пропитаны консервантом пентахлорфенолом или окрашены масляными красками, содержащими свинец. Все это при сгорании оказывается в ОС и в легких людей.

При производстве древесноволокнистых плит образуются сточные воды с высокой концентрацией органических веществ (измельченное древесное волокно, целлюлоза, лигнин, полисахариды, органические кислоты, смолы и другие продукты распада древесины), эмульсии фенолоформальдегидных смол или парафины (использовались для придания ДСП водостойкости). Для уменьшения объема сточных вод используется частичный водооборот, но это повышает концентрацию органических веществ в оборотной воде. Типичные параметры сточных вод производства древесноволокнистых плит (ДВП) при использовании в технологическом процессе фенолоформальдегидных смол приведены в табл. 6.2.

При высокой БПК_{полн} (14,5 г/л O₂) обработка сточных вод, особенно для небольших населенных пунктов, вызывает большие трудности: из-за высокой концентрации загрязнений в стоках перед сбросом в общую канализацию они обязательно должны пройти предварительную очистку (например, методом анаэробного сбрасывания в метантенках с последующей доочисткой их в аэротенках). Большое распространение получили термические методы обеззараживания сточных вод.

Таблица 6.2

Типичные параметры сточных вод производства ДВП

Наименование	Параметр	Наименование	Параметр
Температура, °С	50	pH	5,5
Сухой остаток, мг/л	10650	ХПК, мг/л O ₂	24600
Беззольное вещество, мг/л	8270	БПК ₅ , мг/л O ₂	8300
Взвешенные вещества, мг/л	4050	БПК _{полн} , мг/л O ₂	14500
Смолы, мг/л	940	Фенолы, мг/л	1223
Формальдегид, мг/л	57	Сахар, мг/л	2100
Азот аммонийный	3,5	Фосфор, мг/л	7,1

В качестве примера термической переработки осадка сточных вод можно рассмотреть работу установки, используемой на Котласском целлюлозно-бумажном комбинате (КЦБК). Ее схема приведена на рис. 6.2. Воздух (12) к керосиновым камерам сгорания авиационного типа (1) подается от компрессорной станции. Горячие газы из камер сгорания поступают в разгонные трубы диаметром 300 мм и длиной 900 мм. Сюда же подается смесь осадка из первичных отстойников и избыточного активного ила (10) с вакуум-фильтра типа БК-40 при помощи шнековых двухвальных питателей диаметром 200 мм (11). Осадок, в котором имеется много волокна (до 60% на сухую массу) и даже мелких щепок дробится и сушится встречными струями газов и в пневмотрубе, по которой осадок поступает в классификатор (3) воздушно-проходного типа диаметром 2,5 м. Крупные фракции осадка изымаются из потока уже в наружном контуре классификатора и направляются обратно на узлы ввода. Фракции осадка средних размеров улавливаются во внутреннем контуре классификатора и возвращаются в шнековые питатели (11), подмешиваясь к влажному осадку.

Сухая пыль выделяется из газового потока в батареи (4) из восьми центробежных циклонов диаметром 400 мм и двух циклонов диаметром 600 мм. Отработанные газы выбрасываются дымососом (5) типа Д-12 через дымовую трубу (6) в атмосферу, а пыль поступает в специальную топку (8) для сжигания (диаметр 800 мм, длина 2,5 м). В конструкции топки использован циклонный принцип (диаметр циклона 800 мм, высота топki 1200 мм). Пыль подается с помощью вентилятора (7) в тангенциально расположенное сопло сечением 100×100 мм, в него встроены эжектор. Воздух к эжектору и

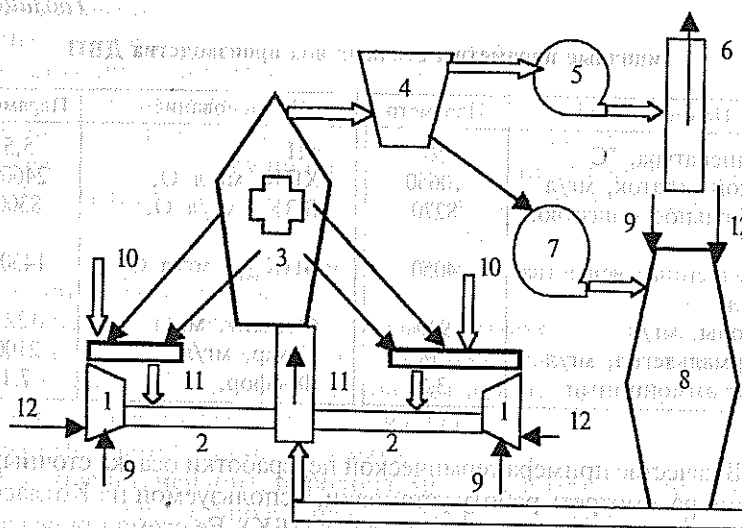


Рис. 6.2. Схема установки для сушки и сжигания отходов целлюлозно-бумажного комбината.

1 — камера сгорания; 2 — разгонная труба; 3 — классификатор; 4 — батарея циклонных сепараторов; 5 — дымосос; 6 — дымовая труба; 7 — вентилятор; 8 — циклонная топка; 9 — керосиновая механическая форсунка; 10 — подача осадка с вакуум-филтра; 11 — шнековый питатель; 12 — подача воздуха.

второму соплу подается от общей линии (12). Образующаяся при сжигании зола из-за вихревого движения газов в топке выбрасывается в зольник, из которого регулярно удаляется. Температура газа на выходе из установки поддерживается постоянной за счет изменения подачи керосина в топку или воздуха во второе сопло топки.

Некоторые результаты работы установки представлены в табл. 6.3. Проведенные замеры показали, что сушильная установка работает устойчиво даже при умеренных скоростях движения газа в соплах и низких скоростях — в разгонных трубах. Высокие скорости обеспечивают дробление осадка в узле встречи струй. Недостаточная скорость компенсируется большим количеством возврата осадка из внутреннего контура классификатора влажностью 40–50%. Относительно низкие температуры газов после камер сгорания и высокие после сушилки можно объяснить поступлением значительной доли тепла (до 60%) с газами из топки (8) непосредственно в трубы.

Таблица 6.3

**Показатели работы установки для сушки и сжигания осадка
промышленных стоков Котласского ЦБК**

Контролируемый показатель, размерность	Результат замера		
	1	2	3
Расход воздуха в камере сгорания, м ³ /ч	11000	8500	8200
Расход керосина в камере сгорания, кг/ч	185	100	110
Расход керосина в процессе сжигания, кг/ч	30	15	—
Расход влажного осадка, т/ч	4,3	3	3,2
Температура газов после камер сгорания, °С	480	355	405
Температура газов на выходе установки, °С	160	235	240
Температура газов на выходе из топки, °С	1000	1050	1200
Скорость газов в соплах разгонных труб, м/с	112	128	135
Скорость газов на выходе труб, м/с	56	36	38
Влажность осадка до сушки, %	78,7	78	79
Влажность осадка после сушки, %	15	5,5	4,6
Зольность осадка на сухую массу, %	38	31,4	36
Производительность сушки по испаренной влаге, т/ч	3,2	2,3	2,5
Подача сухого осадка в топку, кг/ч	470	560	555
Коэффициент избытка воздуха в топке	1,5	1,35	1,15
Теплонапряжение топочного объема, Гкал/м ³ ·ч	2,8	3,7	3,15
Доля тепла, полученная от сжигания осадка, %	33	60	60

При проведении замеров основное внимание было обращено на работу циклонной топки для сжигания осадка. В предварительно разогретую топку вдувался сухой осадок (в виде пыли размером до 0,25 мм), уловленный в циклонах. Мелкое волокно, содержащееся в стоках, в процессе дробления и сушки отделялось от частиц осадка и способствовало стабилизации горения в топке даже без впрыскивания керосина. Высокая зольность осадка компенсировалась его низкой влажностью.

Выявленные в замерах колебания при подаче осадка с вакуум-фильтров приводили к нарушению стабильности процесса горения осадка в режиме сухого золоудаления. Причиной этого является низкий температурный уровень процесса, при котором аккумулирующей способности (тепловой инерции) топочной камеры оказывается недостаточно. Поэтому пульсации поступления и влажности подаваемого осадка приводят к изменениям режима горения. При темпера-

туре в топке 1100°C имеет место зашлаковывание стен топки и выходного патрубка, шлак имел пористую структуру. В замеры 3 сжигание осадка производилось при температуре в топке 1200°C без подачи керосина и регулирования режима горения. Это обеспечивало наличие устойчивого яркого пламени, а расплавленная зола стекала по стенкам и после охлаждения имела вид тяжелой монолитной массы.

В режиме жидкого шлакоудаления пульсации при подаче осадка из-за работы вакуум-фильтра практически не отражаются на устойчивости процесса горения. Это подтверждает определяющее влияние величины температуры в камере сгорания на устойчивость процесса сжигания осадка.

В последние годы особенно на совместных предприятиях приняты соответствующие меры для увеличения глубины переработки древесины при производстве продукции. Это дало возможность увеличить выход товарной целлюлозы из каждого кубометра вывезенной древесины за 1999 г. (по сравнению с 1996 г.) на 37%, бумаги — на 29%, картона — на 12%.

Находят применение полимерно-бумажные плиты для обшивки стен, потолков, перегородок в любых видах строений, для изготовления деталей мебели и тары. Плиты изготавливают из смеси сухих влагопрочных отходов бумаги (картона) и термопластических полимеров (полиэтилен, полистирол, полипропилен, поливинилхлорид, пластик АВС, одноразовые шприцы, отходы оплетки кабеля). Технология включает сушку отходов, их измельчение, смешивание, прессование плит и их обрезку. Отходы обрезки и брак снова используются в производстве. Например, на молокозаводе (г. Москва) обеспечивается безотходное экологически чистое производство (используются отходы бумаги для упаковки молочных продуктов и соков, легкие отходы макулатуры).

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, МЕТАЛЛУРГИИ И КОМПЛЕКСОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ. ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ЗАПАСАМИ ХИМИЧЕСКОГО И РАКЕТНО-ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Основные источники загрязнения, их влияние на природную среду и организм человека. Основными продуктами химической промышленности являются:

- ♦ неорганические соединения (хлор, соляная и серная кислоты, гидроксид натрия);
- ♦ органические соединения (пропилен, бензолы, винилхлориды, формальдегид, пластификаторы);
- ♦ удобрения (азотные, фосфорные);
- ♦ средства защиты растений и борьбы с вредителями;
- ♦ пластмассы;
- ♦ продукты полимеризации (ПВХ);
- ♦ химические волокна;
- ♦ красители, краски, лаки, растворители.

В России функционирует более 3000 объектов, располагающих запасами порядка 1 млн т аварийно опасных химических веществ (АХОВ): аммиак, хлор, хлористый водород и т.п. В 2000 г. на химически опасных объектах (ХОО) произошло 106 аварий с выбросом

АХОВ. Более 0,5 млн т хлора ежегодно перевозится железнодорожным транспортом.

Человечество преуспело в создании веществ, соединений, производств и технологий уничтожения себе подобных и практически не занималось созданием промышленных установок по переработке отходов своей деятельности. Результатом этого кроме ежегодного прироста объема не переработанных токсичных промышленных отходов в развитых странах существуют тысячи старых захоронений (свалок). На территории России к 2000 г. накоплено таких отходов более 89 млн т, в том числе 1-го класса опасности — 0,13 млн т, 2-го класса — 2,1 млн т, 3-го класса — 8,1 млн т, 4-го класса — 78,7 млн т (отчетность по форме 2 ТП «токсичные отходы»).

Опасность аварийных химически опасных веществ (АХОВ) по заражению приземного слоя атмосферы определяется их физико-химическими свойствами, а также их способностью перейти в поражающее состояние, т.е. создать поражающую концентрацию или снизить содержание кислорода в воздухе ниже допустимого уровня. Все АХОВ можно разделить на три группы, исходя из температуры кипения при атмосферном давлении, критической температуры и температуры окружающей среды, агрегатного состояния АХОВ; температуры хранения и рабочего давления в емкости.

Первая группа АХОВ имеет температуру кипения ниже -40°C . При выбросе образуется только первичное газовое облако с вероятностью взрыва и пожара (водород, метан, угарный газ), а также резко снижается содержание кислорода в воздухе, особенно в закрытых помещениях (жидкий азот). При разрушении единичной емкости время действия газового облака не превышает одной минуты.

Вторая группа АХОВ имеет температуру кипения от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ и критическую температуру выше температуры окружающей среды. Для приведения таких АХОВ в жидкое состояние их надо сжать и хранить в охлажденном виде или под давлением при обычной температуре (хлор, аммиак, оксид этилена). Их выброс обычно дает первичное и вторичное облако зараженного воздуха (ОЗВ). Характер заражения зависит от соотношения между температурами кипения АХОВ и температурой воздуха. Так, бутан ($t_{\text{кип}} = 0^{\circ}\text{C}$) в жаркую погоду будет по действию подобен АХОВ первой группы, т.е. появится только первичное облако, а в холодную — третьей группы. Но если температура кипения ниже температуры воздуха, то при разрушении емкости и выходе АХОВ в первичном ОЗВ может оказаться его значительная часть, так как жидкость вскипает при

значительно меньшем давлении в резервуаре. При этом в месте аварии может наблюдаться значительное переохлаждение воздуха и конденсация влаги.

Третья группа АХОВ характеризуется температурой кипения выше 40°C , т.е. все АХОВ, находящиеся при атмосферном давлении в жидком состоянии. При их выливе происходит заражение местности с опасностью заражения грунтовых вод. С поверхности грунта жидкость испаряется долго, т.е. возможно образование вторичного ОЗВ, что расширяет зону поражения. Наиболее опасны АХОВ третьей группы, если они хранятся при повышенной температуре и давлении (бензол, толуол).

Классификация вредных веществ приведена в табл. 7.1.

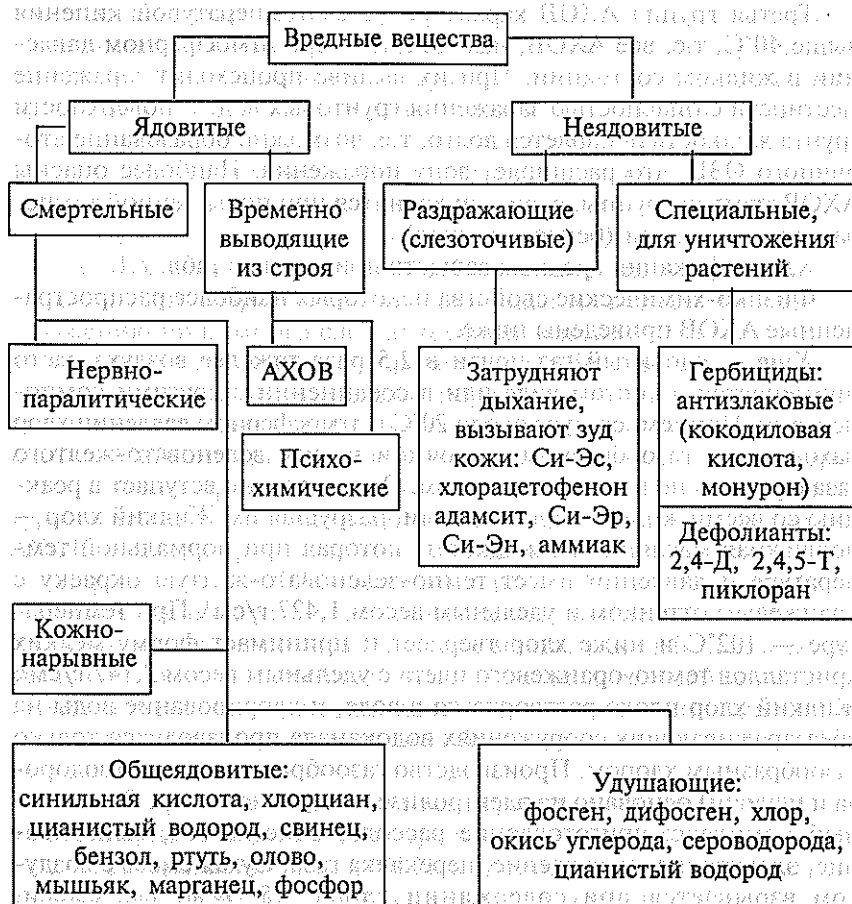
Физико-химические свойства некоторых наиболее распространенных АХОВ приведены ниже.

Хлор — ядовитый газ почти в 2,5 раза тяжелее воздуха часто применяется в чистом виде или в соединении с другими компонентами. При температуре около 20°C и атмосферном давлении хлор находится в газообразном состоянии в виде зеленовато-желтого газа с резким неприятным запахом. Он энергично вступает в реакцию со всеми живыми организмами, разрушая их. Жидкий хлор — подвижная маслянистая жидкость, которая при нормальной температуре и давлении имеет темно-зеленовато-желтую окраску с оранжевым оттенком и удельным весом $1,427\text{ г/см}^3$. При температуре — 102°C и ниже хлор твердеет и принимает форму мелких кристаллов темно-оранжевого цвета с удельным весом $2,147\text{ г/см}^3$. Жидкий хлор плохо растворяется в воде, и хлорирование воды на обеззараживающих сооружениях водоканала производится только газообразным хлором. Производство газообразного хлора (водорода и щелочи) основано на электролизе поваренной соли. Это сложный комплекс: приготовление рассола, очистка его, выпаривание, электролиз, охлаждение, перекачка газа. Сухая смесь с воздухом взрывается при содержании хлора 3,5–97%, т.е. смеси, содержащие менее 3,5% хлора, невзрывоопасны. Наиболее опасны по силе взрыва смеси, в которых хлор и водород находятся в стехиометрическом соотношении (50 на 50%). Такие смеси взрываются с наибольшей силой, а взрыв сопровождается сильным звуковым ударом и пламенем.

Инициатором взрыва хлороводородной смеси (кроме открытого пламени) может быть электрическая искра, нагретое тело, прямой солнечный свет в присутствии контактирующих веществ (древесного угля, железа и оксидов железа). Влажный хлор вызы-

Таблица 7.1

Классификация вредных веществ



дает сильную коррозию (это соляная кислота), что приводит к разрушениям емкостей, трубопроводов, арматуры и оборудования.

Аварийная ситуация в цехе может возникнуть при внезапном отключении подачи воды, электрического тока, образовании взрывоопасной смеси, проникновении хлора (газа) в производственное помещение, создании давления в водородном коллекторе при электролизе, при возникновении пожара. Во всех случаях необхо-

дима работоспособная световая или звуковая сигнализация об этих ситуациях, а водородные компрессоры должны автоматически останавливаться.

Железнодорожные цистерны, танки, бочки, баллоны должны заполняться только по массе с тщательным контролем массы пустой и заполненной емкости, так как жидкий хлор при нагревании на 1°C увеличивается в объеме почти на 0,2%, а с увеличением давления на каждые 100 кПа его объем уменьшается на 0,012%, т.е. в заполненном жидким хлором сосуде повышение температуры на 1°C приводит к повышению давления на 1500–2000 кПа. Норма заполнения сосудов жидким хлором установлена из расчета 1,25 кг на 1 л емкости.

На металлы, кроме олова и алюминия, сухой хлор почти не действует, а в условиях влаги подвергает их сильной коррозии. При концентрации хлора в воздухе 0,1–0,2 мг/л у человека наблюдается отравление, удушливый кашель, головная боль, резь в глазах, поражение легких, раздражение слизистых оболочек и кожи. Пострадавшего необходимо немедленно вынести на свежий воздух (только в горизонтальном положении, так как из-за отека легких любые нагрузки на них провоцируют усугубление поражения), согреть, дать дышать парами спирта, кислорода, кожу и слизистые оболочки промывать 2% содовым раствором в течение 15 мин.

Аммиак — бесцветный газ с резким удушливым запахом нашатырного спирта. Смесь паров аммиака с воздухом при объемном содержании от 15 до 28% (107–200 мг/л) является взрывоопасной. Давление взрыва аммиачно-воздушной смеси может достичь 0,45 МПа при объемном содержании аммиака в воздухе свыше 11% (78,5 мг/л). При наличии открытого пламени начинается его горение. При давлении 1013 ГПа (760 мм рт. ст.) температура кипения составляет — $33,3^{\circ}\text{C}$, затвердевания — $77,9^{\circ}\text{C}$, воспламенения 630°C .

Нормы содержания аммиака в воздухе:

- ♦ предельно допустимое в рабочей зоне 0,0028%;
- ♦ не вызывает последствий в течение часа 0,035%;
- ♦ опасное для жизни 0,7 мг/л, или 0,05–0,1%;
- ♦ величина 1,5–2,7 мг/л, или 0,21–0,39% вызывает смертельный исход через 30–60 мин.

Аммиак вызывает поражение организма, особенно дыхательных путей. Признаки его действия: насморк, кашель, затруднен-

ное дыхание, резь в глазах, слезоточивость. При соприкосновении жидкого аммиака с кожей возникает отморожение, возможны ожоги 2-й степени. Пострадавшего человека транспортировать в горизонтальном положении.

Синильная кислота (HCN) и ее соли (цианиды) выпускаются химической промышленностью в больших количествах. Она широко используется при получении пластмасс и искусственных волокон, в гальванопластике, при извлечении золота из золотосодержащих руд. При нормальных условиях синильная кислота — бесцветная, прозрачная, летучая, легковоспламеняющаяся жидкость с запахом горького миндаля. Плавится при температуре — 14°C, кипит при 25,6°C. Температура вспышки равна — 17°C. Пары синильной кислоты с воздухом образуют взрывоопасные смеси при 5,6–40% (объемных). Синильная кислота — один из сильнейших ядов, приводящих к параличу нервной системы. Она проникает в организм через желудочно-кишечный тракт, кровь, органы дыхания, а при большой концентрации ее паров — через кожу.

Она плохо адсорбируется активированным углем, т.е. надо применять промышленные противогазы марок Б, БКФ, имеющих специальные химические поглотители. Отравляющее действие синильной кислоты зависит от количества и скорости поступления ее в организм: 0,02–0,04 мг/л безболезненно переносятся в течение шести часов; 0,12–0,15 мг/л — опасны для жизни через 30–60 мин; 1 мг/л и выше приводят практически к моментальному смертельному исходу. Поражающее действие синильной кислоты обусловлено блокированием железосодержащих ферментов клеток, регулирующих потребление ими кислорода. Она во всех отношениях смешивается с водой и растворителями.

Сернистый ангидрид (двуокись серы, сернистый газ) получается при сжигании серы на воздухе. Это бесцветный газ с резким запахом. При нормальном давлении переходит в жидкое состояние при температуре — 75°C, в 2,2 раза тяжелее воздуха. Хорошо растворяется в воде (при нормальных условиях в одном объеме воды растворяется до 40 объемов газа), образуя сернистую кислоту. Используется при получении серной кислоты и ее солей, в бумажном и текстильном производстве, при консервировании фруктов, для дезинфекции помещений. Жидкий сернистый ангидрид применяется как хладагент или растворитель. Среднесуточная ПДК сернистого ангидрида в атмосфере населенного пункта 0,05 мг/м³, а в рабочем помещении 10 мг/м³. Даже малая концентрация его создает неприятный вкус во рту и раздражает слизистые оболоч-

ки, более высокая концентрация раздражает кожу, вызывает кашель, боль в глазах, жжение, слезоточивость, возможны ожоги. При более высокой концентрации появляется хрипота, одышка и быстрая потеря сознания. Возможен смертельный исход. *Первая помощь*: вынести пострадавшего на свежий воздух, кожу и слизистые оболочки промыть водой или 2% раствором питьевой соды, а глаза — проточной водой не менее 15 мин.

Заражение воздуха с поражающей концентрацией может произойти в случае производственной аварии на химически опасном объекте (ХОО), утечке при хранении или транспортировке. Опасную зону изолировать, посторонних удалить, работать только в средствах защиты. В зависимости от концентрации сернистого ангидрида используются промышленные противогазы марки В, Е, БКФ, или изолирующие противогазы (если концентрация его неизвестна). Разлившуюся жидкость оградить земляным валом, не допускать попадания в нее воды (при тушении пожара!). Обеспечить изоляцию жидкого сернистого ангидрида от водоемов, систем водоснабжения и канализации.

Гентил (гидразин, диамид, несимметричный диметилгидразин) — дымящая на воздухе жидкость с неприятным запахом. Плавится при $+1,5^{\circ}\text{C}$. Растворяется в воде, спиртах, аминах, не растворяется в углеводородах. Гигроскопичен, образует взрывоопасные смеси с воздухом, при контакте с асбестом, углем, железом способен к самовоспламенению. Тяжелее воздуха. Разлагается в присутствии катализатора или при нагреве выше 300°C . Относится к чрезвычайно опасным веществам (1-й класс опасности). ПДК в воздухе рабочей зоны $0,1 \text{ мг/м}^3$. Применяется наиболее часто как горючий компонент ракетного топлива.

При проливе проникает глубоко в почву (более 1 м) и сохраняется без изменения до 20 лет. Проникает в организм через кожу, слизистые или ингаляционным путем (в виде пара). Пороговая токсодоза 14 000; кратковременная допустимая концентрация 6 мг/м^3 , опасная для жизни 100 мг/м^3 , смертельная — 400 мг/м^3 . Вызывает временную слепоту (до недели), ожог на коже, при всасывании в кровь приводит к нарушениям в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, крови (разрушение эритроцитов и анемия). Регистрируется: возбуждение, мышечная слабость, судороги, паралич, снижение пульса, острая сосудистая недостаточность, тошнота, рвота, понос, возможно поражение почек и печени, коматозное состояние. При выходе из комы может быть психоз с бредом, слуховые и зрительные галлюцинации в течение нескольких дней.

Наличие гептила в воздухе определяется фотометрическим способом, а при ЧС — с помощью индикаторных трубок на гептил.

Азотная промышленность обеспечивает выпуск более 50 видов продукции сельского хозяйства (аммиак, минеральные удобрения, капролактан).

Азотная кислота имеет плотность 1,502 г/см³. Ее пары в 2,2 раза тяжелее воздуха. Смешивается с водой во всех отношениях с выделением тепла. Весьма гигроскопична, сильно «дымит» на воздухе, действует на все металлы, кроме «благородных» и алюминия. Органические материалы воспламеняет, выделяя при этом окислы азота, обладающие высокими поражающими свойствами. При попадании кислоты в скипидар или спирт происходит взрыв. Токсические дозы: поражающая 1,5 мг/л, смертельная 7,8 мг/л.

Химически опасным объектом (ХОО) называют объект экономики (ОЭ), при аварии или разрушении которого могут произойти массовые токсические поражения людей, животных, растений, нанесен существенный вред окружающей природной среде.

Нормативными документами установлен перечень АХОВ и установлены нормы их хранения на ХОО, вокруг которого в зависимости от этого устанавливается санитарно-защитная зона. Ее величина для ХОО 1-го класса составляет 1 км, для ХОО 2-го класса — 0,5 км, 3-го класса — 0,3 км, 4-го класса — 100 м, 5-го класса — 50 м. Администрация ХОО должна обеспечить безопасность населения в районе своего размещения, а при необходимости провести дополнительные мероприятия: оповещение, обеспечение средствами защиты, эвакуацию населения района. Должны быть резервные емкости для перекачки из аварийных или сбора разлившихся АХОВ.

Получила развитие новая отрасль химии — производство синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ), на которые имеется большой спрос (стирка всевозможных тканей, особенно изготовленных из химических волокон, экономия расхода натуральных жиров, изготовление синтетических моющих средств, используются в качестве смачивателей, эмульгаторов, пенообразователей). Это привело к появлению в сточных водах нового вида загрязнений, которые вызывают серьезные затруднения при их очистке (главным образом на процессы коагуляции и осаждения). ПАВ, являясь продуктами синтеза, по своему химическому строению значительно отличается от природных органических соединений, что сказывается на их способности к биологическому распаду. В районах, не имеющих очистки стоков, отмечается загрязне-

ние подземных вод. ПАВ состоит из гидрофобной и гидрофильной частей. Обычно гидрофобная часть состоит из парафиновой цепи, бензольного или нафталинового кольца с алкильными радикалами. Гидрофильной частью ПАВ обычно является карбоксильная (COO^-), сульфатная (SO^-), сульфонатная (OSO^-), скопление гидрофильных остатков, групп, содержащих азот.

В отличие от жирового мыла ПАВ, являясь солями сильной кислоты и сильного основания, либо совершенно не гидролизуются, либо требует повышения температуры, сильной среды, что обуславливает устойчивость ПАВ к химическому воздействию. Высокая пенообразующая способность ПАВ причиняет большие неприятности аэрационным сооружениям и водоемам.

В большинстве случаев на предприятиях бытовой химии сточные воды образуются в результате промывки оборудования при изменении технологического процесса или смене выпускаемой продукции, при подготовке и мойке тары, мокрой уборке помещений (школьно-оформительские и гуашевые краски, пастообразные смеси пигментов).

В результате аварии на ХОО часто возникает очаг химического поражения (ОчХП), который характеризуется длиной и шириной зоны непосредственного заражения. В свою очередь длину зоны распространения АХОВ можно разделить на зону смертельной и поражающей концентрации. Размеры ОчХП зависят от количества АХОВ в «выбросе», их типа, характера выброса, метеоусловий, рельефа местности, характера застройки, растительности.

Промышленные отходы весьма разнообразны, особенно по химическому составу. Экологическая характеристика предприятия предполагает оценку прогрессивности технологии, полноты использования сырья и топлива, применяемых схем очистки промышленных отходов, характеристик потоков отходящих вод и газов, отчуждаемой территории, общую экологическую оценку ущерба, наносимого предприятием окружающей среде и детализацию этой оценки по видам продукции.

В общем объеме загрязнения ОС России промышленными отходами доля машиностроения достигает 2%. Основные характеристики загрязнений (твердых, жидких и газообразных) машиностроения приведены в табл. 7.2–7.5 [19].

К твердым отходам машиностроения относятся шлаки, окалина, зола, горелая формовочная земля, шламы, флюсы, абразивы, древесные отходы, пластмассы, бумага и другие виды мусора. Наиболее экологически опасными загрязнителями являются ок-

Таблица 7.2
Типовой сток машиностроительного завода

Характеристика воды	Качество воды	
	от источника	в стоке
Цвет	Без цвета	Желто-бурый
Запах	Без запаха	Нефти
Взвешенные вещества, мг/л	20–30	220–822
pH	7,5	7,6–8,5
Щелочность, мг-экв/л	2,8–3	3–7,6
Химический состав, мг/л:		
Cl ₂	13–28	41–198
SO ₄	73–78	108–290
NO ₂	0,07–0,1	0,1–7
NO ₃	—	Следы
NO ₄	—	1–40
Fe ⁺ общ.	0,1–0,2	9–40
Нефтепродукты и смолы, мг/л	—	0–92
Окисляемость, мг/л кислорода	6,6–7,1	13–90

Таблица 7.3

Типовой состав и максимальные параметры сточных вод машиностроительного завода

Тип цеха	Вид сточных вод	Основные примеси	Концентрация, кг/м ³	Температура, °C
Металлургический	От охлаждения	Взвешенные вещества	0,05	45
		Масла	0,01	
Литейный	Влажная газоочистка	Минеральная пыль	4	65
	от грануляторов,	Песок, шлак	40	50
	от гидровывивки	Песок, окалина,	15	30
	литья	глина		
	Регенерация земли	Органика	0,05	30
Кузнечно-прессовый	Охлаждение поковок и оборудования	Взвешенные вещества	0,2	
		Окалина	8	40
		Масла	15	

Продолжение табл. 7.3

Тип цеха	Вид сточных вод	Основные примеси	Концентрация, кг/м ³	Температура, °С
Механический	Смазочно-охлаждающие жидкости	Взвешенные вещества		
		Сода	1	20
		Масла	10	
		Растворители, краски	2 0,3	25
Термический	Промывочные воды	Окалина	0,03	60
		Щелочи	0,03	
		Масла	0,02	
		Взвешенные вещества	0,25	
	Из закалочных ванн	Тяжелые металлы	0,15	
		Масла	0,01	40
Гравийный	Промывочные воды	Цианиды	0,05	
		Механические	0,4	
		Масло, эмульсии	0,1	25
		Щелочи	0,2	
	Отработанные растворы	Кислоты	0,25	
		Механические	20	
		Масло, эмульсии	10	
		Щелочи	30	
Гальванический	Промывочные воды	Кислоты	30	
	Отработанные растворы	Хром	0,2	
		Циан	0,15	30
		Тяжелые металлы	10	
		Кислоты	20	
		Щелочи	30	
	Электролиты	Масла	0,05	
		Хром	200	
		Циан	100	

Таблица 7.2

Типовой сток машиностроительного завода

Характеристика воды	Качество воды	
	от источника	в стоке
Цвет	Без цвета	Желто-бурый
Запах	Без запаха	Нефти
Взвешенные вещества, мг/л	20-30	220-822
pH	7,5	7,6-8,5
Щелочность, мг-экв/л	2,8-3	3-7,6
Химический состав, мг/л:		
Cl ₂	13-28	41-198
SO ₄	73-78	108-290
NO ₂	0,07-0,1	0,1-7
NO ₃	—	Следы
NO ₄	—	1-40
Fe ⁺ общ.	0,1-0,2	9-40
Нефтепродукты и смолы, мг/л	—	0-92
Окисляемость, мг/л кислорода	6,6-7,1	13-90

Таблица 7.3

Типовой состав и максимальные параметры сточных вод машиностроительного завода

Тип цеха	Вид сточных вод	Основные примеси	Концентрация, кг/м ³	Температура, °C
Металлургический	От охлаждения	Взвешенные вещества	0,05	45
		Масла	0,01	
Литейный	Влажная газоочистка	Минеральная пыль	4	65
	от грануляторов,	Песок, шлак	40	50
	от гидробивки	Песок, окалина,	15	30
	литья	глина		
	Регенерация земли	Органика	0,05	30
Кузнечно-прессовый	Охлаждение поковок и оборудования	Взвешенные вещества	0,2	
		Окалина	8	40
		Масла	15	

Продолжение табл. 7.3

Тип цеха	Вид сточных вод	Основные примеси	Концентрация, кг/м³	Температура, °С
Механический	Смазочно-охлаждающие жидкости	Взвешенные вещества		
		Сода	1	20
		Масла	10	
		Растворители, краски	2 0,3	25
Термический	Промывочные воды	Окалина	0,03	60
		Щелочи	0,03	
		Масла	0,02	
		Взвешенные вещества	0,25	
	Из закалочных ванн	Тяжелые металлы	0,15	
		Масла	0,01	40
Гравильный	Промывочные воды	Цианиды	0,05	
		Механические	0,4	
		Масло, эмульсии	0,1	25
		Щелочи	0,2	
	Отработанные растворы	Кислоты	0,25	
		Механические	20	
		Масло, эмульсии	10	
		Щелочи	30	
Гальванический	Промывочные воды	Кислоты	30	
		Хром	0,2	
		Циан	0,15	30
		Тяжелые металлы	10	
	Отработанные растворы	Кислоты	20	
		Щелочи	30	
		Масла	0,05	
		Хром	200	
	Электролиты	Циан	100	

Таблица 7.4

Газовые выбросы (кг/т продукта) некоторых производств

Выброс	Агломерат	Домны	Выплавка стали	Прокатное
Пыль	20–25	100–106	13–32	0,1–0,2
Оксид углерода	20–25	600–605	0,4–0,5	0,7 кг/м ²
Оксиды серы	3–25	0,2–0,3	0,4–35	0,4
Оксиды азота	—	—	0,3–3	0,5
Сероводород	—	10–60	—	—

сид и диоксид серы, оксиды азота, твердые вещества из состава литейных форм.

На металлургических предприятиях в среднем ежегодно образуется до 3 млн т отходов, из них утилизируется и обезвреживается не более 34%.

Частым случаем аварии на объекте нефтехимии является разлив нефтепродуктов. Технология очистки грунтов от нефтепродуктов включает:

- ♦ определение уровня загрязнения грунта по глубине и по площади;
- ♦ оценку инженерно-геологических и климатических условий.

Способы утилизации отходов химического, металлургического и машиностроительного производства. Источниками загрязнения ОС являются металлургические, химические и машиностроительные производства, предприятия нефтехимии, строительной индустрии и другие, связанные с дроблением и измельчением матери-

Таблица 7.5

Загрязнение атмосферы выбросами электростанций
(выброс грамм на 1 кВт·ч)

Выброс	Вид топлива			
	каменный уголь	бурый уголь	мазут	природный газ
SO ₂	6	7,7	7,4	0,002
NO _x	21	3,4	2,4	1,9
Твердые частицы	1,4	2,7	0,7	—
Фтористые соединения	0,05	1,11	0,004	—

алов, перегрузкой и транспортировкой сыпучих веществ. Необходимо отметить, что химическая и биологическая активность пыли несравненно выше, чем у исходных материалов, так как некоторые вещества в аэродисперсном состоянии приобретают новые свойства (например, каменноугольная пыль и пыль некоторых органических веществ взрывоопасны). Наибольший и наименьший размеры частиц пыли характеризуют диапазон дисперсности данной пыли. Основная масса пыли, образующейся в результате механического измельчения, состоит из частиц размером 5–50 мкм. Твердые частицы, образующиеся при химическом взаимодействии газов, обычно имеют размер менее 3 мкм, а пыль после сгорания угля — 5–70 мкм.

Способы борьбы с загрязнением атмосферы основаны на усовершенствовании технологических процессов (работа по замкнутому циклу, безотходные технологии), снижении до минимума количества отходов комплексным использованием сырья (на нефтехимических и металлургических предприятиях сооружают сернокислотные цеха, используя выбрасываемый сернистый ангидрид), внедрении прогрессивных методов горения (бездымное тушение кокса), использовании для газообразных выбросов высоких дымовых труб, чтобы снизить концентрацию вредных веществ у поверхности земли. Но использование высоких труб приводит к загрязнению удаленных районов. Коренное решение этого вопроса заключается в эффективной очистке от вредных газов и пыли до их выброса в атмосферу. В зависимости от дисперсного состава пыли, влажности и других факторов применяют соответствующий тип пылеуловителя. При этом основным критерием является степень очистки и экономические затраты (стоимость оборудования, монтажа, потребной электроэнергии, эксплуатационных и амортизационных расходов).

Хотя имеет место многообразие конструкций пылеуловителей, все они основаны на принципах осаждения взвешенной фазы. Пылегазовые смеси представляют собой аэродисперсную систему, в которой дисперсная фаза (пылинки) распределены в дисперсионной среде (газе). Движущими силами процесса осаждения пыли являются: сила тяжести частиц и сила диффузии частиц вследствие броуновского движения. Гравитационным полем (силой тяжести) осаждаются только относительно крупные частицы пыли. Поэтому пылеуловители базируются на использовании силового поля, которое необходимо создать искусственно (силы инерции при изменении направления и скорости пылегазового потока;

электрического притяжения заряженных частиц к осадительному электроду; процесс коагуляции — образование элемента из нескольких частиц; фильтрование газа через пористые перегородки). Чтобы не допустить обратного процесса, мешающего пылеулавливанию (возвращение осевших частиц обратно в поток газа), принимаются специальные меры: смачивание осадительной поверхности, снижение скорости потока, повышение его влажности.

Все эти принципы осаждения достаточно подробно рассмотрены в других главах данной книги.

Серьезной проблемой современности являются значительные выбросы сернистого ангидрида и окислов азота, которые разносятся на огромные расстояния и выпадают в виде «кислотных дождей», заражая водоемы, зеленые насаждения, грунтовые воды. Выбросы этих вредных веществ наблюдаются в металлургии, при производстве серной кислоты и минеральных удобрений.

Наиболее перспективным направлением развития сернокислотного производства считают получение кислоты по схеме ДКДА (двойное контактирование — двойная абсорбция). Общая степень контактирования в процессе достигает 99,8%, дополнительной очистки газа от сернистого ангидрида не требуется, выбросы SO_2 в атмосферу в два-три раза ниже, чем при одностадийном контактировании; повышается коэффициент использования сырья.

Крупная сернокислотная система эксплуатируется на Череповецком ПО «Аммофос», оснащенном печами КС-450 с водотрубными котлами-утилизаторами, системой сухой газоочистки с помощью сухих электрофильтров. Улавливание тумана и брызг серной кислоты осуществляется в волокнистых брызгоуловителях.

Из безотходных способов получения минеральных удобрений заслуживает внимания производство нитрофосфатов в Норвегии: фосфатное сырье разлагают 60% азотной кислотой при температуре 50–55°C в течение 2 ч. Нитрат кальция удаляют охлаждением при температуре –5°C в кристаллизаторах, охлаждаемых аммиаком. Фильтрация нитрата кальция производится в каскадных барабанных фильтрах с переводом его в нитрат аммония и карбонат кальция. После удаления нитрата кальция раствор нейтрализуется аммиаком, упаривается и гранулируется с калийными солями.

Основными отходами производства серной кислоты и минеральных удобрений являются отходящие газы, содержащие двуокись серы, фтористые соединения, аммиак, окислы азота и твердые отходы: пиритный огарок и фосфогипс.

При сгорании топлива в ТЭЦ в выбросах наблюдается значительное количество окислов серы и азота. Основными методами очистки являются:

- ♦ сухие способы с использованием сорбентов при низких концентрациях серы в топливе, электростатических осадителей или мембран (достоинства: отсутствие сточных вод и штаммообразной смеси, простота оборудования, отсутствие коррозии);
- ♦ мокрые способы с применением водных растворов щелочей, аммиака, извести (для получения гипса, используемого в строительстве);
- ♦ комбинация сухих и мокрых способов.

Существуют способы очистки топочных газов с получением минеральных удобрений: к газовому потоку добавляется озон, олефин и водяной пар. При взаимодействии этих трех добавок между собой получается азотная и серная кислоты, а взбрызгивание аммиака приводит к образованию сульфатов и нитратов аммония. Аналогичные технологии получения минеральных удобрений применены во многих странах мира. На симпозиуме в г. Эссен (ФРГ, 10–11 ноября 1983 г.) отмечалось, что во Франции за 1971–1981 гг. эмиссия SO_2 снизилась на 20%, в Англии — на 40%, что пошло на производство строительного гипса и минеральных удобрений. В Японии по состоянию на 1.01.95 г. эксплуатировалось 1366 единиц оборудования для улавливания из дымовых газов SO_2 общей мощностью $128 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{ч}$ и 188 единиц оборудования — для улавливания NO_x общей мощностью $72 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Отходящие серосодержащие газы сернокислого производства очищаются аммиачно-сульфатным, азотно-каталитическим, кислотно-каталитическим или аммиачно-циклическим методом. Аммиачно-сульфатный метод заключается в абсорбции диоксида серы раствором сульфита и бисульфита аммония с последующим разложением этого раствора серной кислотой. Выделяющийся при этом диоксид серы направляется на сжижение или в основное сернокислое производство. Образующийся раствор сульфата аммония перерабатывается в сухой продукт или используется при производстве минеральных удобрений. Метод обеспечивает надежную очистку отходящих газов до требований санитарных норм. К недостаткам метода можно отнести необходимость затраты серной кислоты на разложение сульфит-бисульфитных растворов, аммиака и переработки сульфата аммония.

В аммиачно-циклическом процессе в раствор, выводимый с установки улавливания газов, добавляют аммиак: часть полученного раствора (при содержании бисульфита аммония 820 г/л) подают в отгонную колонну для получения 100% SO_2 , а остальное — выводится как товарный продукт.

При производстве экстракционной фосфорной кислоты и минеральных удобрений из фтористых соединений производится извлечение фтористых соединений из технологических газов. В производстве простого суперфосфата отходящие газы промывают водой в механических камерах с разбрызгивающими валками и с последующим доулавливанием в полый башне. Недостатком метода является налипание на вращающиеся части кремнегеля. Другим вариантом процесса извлечения фтора из газов при производстве суперфосфата является абсорбция в трубе Вентури в две ступени, но при этом происходит засорение и быстрый износ форсуночных устройств, что приводит к ухудшению степени очистки газа.

В Японии для очистки отходящих газов производства суперфосфата и экстракционной фосфорной кислоты от фтористых соединений применяют водно-щелочную абсорбцию (2% раствор NaOH). Процесс протекает в двух последовательно установленных колонках. Фтористые соединения выводятся в виде фтор силикатов. Из-за высокого значения pH абсорбционного раствора не происходит забивание колонок, достигается высокая степень очистки отходящих газов.

При производстве экстракционной фосфорной кислоты на 1 т P_2O_5 приходится 4,5 т фосфогипса, имеющего в своем составе нежелательные примеси (уран, асбест, тяжелые металлы). Этот процесс используют в странах, не имеющих богатых месторождений природного гипса; другие страны перерабатывают фосфогипс на гипсовые вяжущие. Например, в ФРГ по такому пути получают α -полугидрат после флотации и обезвоживания (в автоклаве при температуре 120°C и pH 1–3) фосфогипса, а в Ирландии — порошкообразного вяжущего для производства сухой штукатурки.

В число вариантов переработки фосфогипса на вяжущие входят его очистка от примесей, сушка, частичная дегидратирование до полугидрата, гранулирование, обжиг и размалывание. После этого продукт используют для получения строительного гипса. В США для нейтрализации фосфогипса используется аммиак (вместо извести, карбонатов кальция и натрия), что улучшает качество получаемой штукатурки. В Японии фосфогипс без предварительной обработки перерабатывают на добавки к цементу, используют при

производстве гипсокартонных плит, перегородок и облицовочных материалов. Во Франции, Австрии, Финляндии и Бразилии разработана технологическая схема производства β -полугидрата: фосфогипс очищается от примесей флотацией или гидроциклонированием, после чего производят обжиг.

Заслуживает внимания способ изготовления на фосфорно-кислотной установке покрытий для бумаги из фосфогипса (фирма *Kemira*): покрытие отличается белизной и используется при высококачественной печати.

Разработаны способы переработки фосфогипса на серную кислоту и цемент (Австрия, ЮАР): фосфогипс сушат, размалывают, обжигают в присутствии кокса при температуре 700°C . Гипс восстанавливается до сернистого кальция и углекислого газа, а при температуре 900°C сернистый кальций взаимодействует с гипсом с образованием окиси кальция и сернистого газа, который используется при производстве серной кислоты. Цементный клинкер образуется при температуре 1400°C и взаимодействии окиси кальция с песком, глиной и окисью железа. В нашей стране в качестве восстановителя впервые применен высокосернистый нефтяной кокс (отходы переработки тяжелых нефтяных остатков), при этом имеет место высокая концентрация сернистого ангидрида в газовой фазе и исключается возможность спекания шихты [38, 71].

Заслуживают внимания и другие пути утилизации фосфогипса: производство сульфидизатора для шахтной плавки окисленных никелевых руд; синтез низкотемпературного белита на основе фосфогипса; изготовление серной кислоты и извести, бесхлорных калийных удобрений. Бесхлорные калийные удобрения получают на основе хлористого кальция, фосфогипса, аммиака и углекислого газа: фосфогипс разлагается карбонатом аммония или аммиаком и углекислым газом с образованием растворов сульфата аммония и последующей его конверсии с KCl в сульфат калия аммония [32, 68].

Фосфогипс может найти применение в сельском хозяйстве в качестве минерализатора для гипсования солончаковых почв и в промышленности строительных материалов.

Глубокая очистка промышленных стоков от фенолов (степень очистки $0,001$ мг/л) является одной из наиболее трудных задач. Поэтому даже очищенные фенольные стоки нельзя сбрасывать в водоемы без предварительного разбавления. Наиболее часто эти стоки используют для повторного использования в производстве.

Наиболее распространенным из регенеративных методов при высоком содержании фенола в сточных водах является метод эк-

стракции фенолов избирательными растворителями (этилацетат, бензол, ацетофенон, бутилацетат). При этом значительная часть фенолов возвращается в производство. Недостатком метода является большой расход растворителя, а также то, что для его удаления из воды необходимо проводить дополнительную обработку.

Паро-циркуляционный метод основан на переходе фенолов в паровую фазу и распределении их между паровой и жидкой фазами в соотношении 2:1. Метод применим, если в стоках находятся только одноатомные фенолы. Процесс протекает в две стадии: сначала фенол выдувается из сточной воды паром, а затем поглощается из полученной смеси раствором щелочи. Степень очистки достигает 92%. Метод внедрен на коксохимических заводах, но не обеспечивает глубокой степени обесфеноливания.

Адсорбционный метод основан на сорбции фенола сорбентами (активированный уголь, торф, генераторная зола). При этом сточные воды целесообразно предварительно подвергать специальной обработке для удаления из них взвешенных и эмульгированных веществ. Для уменьшения расхода реагентов обработку стоков осуществляют многоступенчато или противоточным способом. Обеспечивает высокую степень очистки, но сложен и дорог.

При обесфеноливании стоков *ионообменными смолами* требуется тщательная предварительная очистка их от взвешенных и эмульгированных веществ, затрудняющих ионообменный процесс, что и является его основным недостатком. Наибольшей емкостью по отношению к фенолу обладают сильные аниониты (AB-17, AB-16), меньшая емкость — у средних и слабых анионитов. При десорбции фенола из анионитов наилучшим растворителем является смесь водного раствора едкого натра с метанолом, а при десорбции из сульфогугля — метанол.

Метод обесфеноливания стоков *хлорированием* основан на разрушении фенолов при хлорировании (температура 40°C, pH 8–9). Продукты метода не имеют хлорфенольного запаха. В присутствии формальдегида и других органических примесей расход хлора увеличивается, а при повышении температуры деструкция протекает быстрее.

Метод обесфеноливания стоков *озонированным воздухом* основан на высокой окисляющей способности озона при взаимодействии с органическими веществами. Расход озона зависит от концентрации фенола и присутствия подщелачивающего агента (известь), он составляет 3–21 мг озона/мг фенола.

При взаимодействии окислов марганца с серной кислотой образуется кислород, способный окислять фенол. При обработке сточных вод, содержащих фенол, окислами марганца в сернокислой среде удастся снизить концентрацию фенола на 99,6%.

Очистка сточных вод от фенола электрохимическим окислением проводится в электролизерах (прямоугольные ванны с двумя параллельными электродами: графитный — анод, стальной — катод). Электролитом является хлорид натрия. Процесс электрохимического окисления сопровождается образованием агрессивных продуктов, что повышает требования к материалу электродов. Графит имеет хорошую электропроводность, химическую стойкость, механическую обработку. Его недостатком является пористость (электролит, проникая в поры, вызывает выделение газообразных продуктов, которые разрушают электрод). Метод электрохимического окисления наиболее экономичен среди методов обесфеноливания, но эффективность его резко падает при наличии в стоках органических примесей (на их окисление также расходуется кислород).

Рассмотренные ранее биохимические процессы расщепления с последующей минерализацией органических соединений могут протекать в аэробных или анаэробных условиях. В связи с тем, что ПАВ являются постоянным загрязнителем бытовых сточных вод, для очистки которых основным методом является биохимическая очистка, к ПАВ необходимо предъявить специальные требования, чтобы обеспечить такую очистку. При оценке влияния ПАВ на процессы очистки сточных вод, состоянии водоемов и определении эффективности удаления ПАВ решающую роль играют аэробные процессы. Четко установлено, что степень биохимического распада ПАВ зависит от их химического строения. Биохимический распад ПАВ является многоступенчатым сложным процессом, при котором каждая ступень катализируется собственными ферментами. Окисление ПАВ активным илом обычно начинается с конечной (метильной) группы алкильной цепи. Этот наиболее трудный этап в цепи биохимического распада ПАВ начинается с окисления конечного атома углерода и образования гидроперекиси путем присоединения кислорода. Затем гидроперекиси превращаются в спирт, альдегид, карбоновую кислоту, которая подвергается β -окислению (очень распространенному процессу, происходящему в живых клетках животного, растительного и бактериального происхождения). В результате образуется уксусная кислота, которая легко используется микроорганизмами в качестве источника энергии, окисляясь до углекислоты и воды. После этого начинается расщепление бензольных колец.

Концентрация ПАВ в городских сточных водах зависит от количества применяемых населением моющих средств, норм водоотведения, количества поступающих промышленных стоков и от возможности разбавления стоков дождевыми водами. Наибольшая концентрация в стоках ПАВ наблюдается в небольших населенных пунктах, где нет их разбавления промышленными стоками (средний уровень 30 мг/л с повышением в отдельные часы до 66 мг/л). Наличие в стоках моющих средств является основной причиной снижения эффективности первичного осветления сточных вод, а также снижения газовыделения в метантенках. Удаление ПАВ из стоков в первичных отстойниках осуществляется вследствие сорбции их выпадающими в осадок взвешенными веществами. Снижение газовыделения в метантенках вызывает наибольшие затруднения на станциях, утилизирующих газ. При этом различные ПАВ по-разному воздействуют на процесс мезофильного сбраживания осадков. Например, присутствие в осадке 10 мг/л алкилбензолсульфонатов с прямой или разветвленной алкильной цепью значительно тормозит процесс сбраживания, а такая же концентрация алкилсульфатов не оказывает отрицательного действия на этот процесс. Но очень важно учитывать действительное количество ПАВ в объемах метантенка, что определяется дозой загрузки или сокращением продолжительности процесса.

В присутствии ПАВ наблюдается образование пены в аэротенках и на выпуске в водоем очищенных сточных вод, что является отрицательным явлением и показателем недостаточного биохимического распада ПАВ. Пенообразование не поддается регулированию, а интенсивность его зависит от свойств и степени биохимического распада ПАВ и состава сточных вод: присутствие в них минеральных масел, нефтепродуктов, взвешенных веществ способствует гашению пены. Пенообразование приводит к потере активного ила, который уносится с пеной, особенно в ветреную погоду. При недостаточном биохимическом распаде ПАВ наблюдается накопление их в активном иле, что приводит к постепенной дегградации ила.

Важное место в защите окружающей среды принадлежит ликвидации последствий загрязнения ее при эксплуатации объектов нефтехимии. Очистка мест разлива нефтепродуктов может быть выполнена в несколько этапов:

♦ технический этап очистки грунтов — откачка нефтепродуктов с поверхности земли и снятие загрязненного слоя грунта (выше

2000 мг на грамм почвы) с последующим его складированием в специальные отвалы, амбары;

- ♦ биологический этап включает рыхление почв и их аэрирование, выделение из почв природных микроорганизмов, наращивание их, внесение их в смеси с питательной средой в почву и амбары;
- ♦ фитологический этап включает посев травосмеси.

Загрязненная нефтепродуктами и тяжелыми металлами почва проходит через грохот, где обрабатывается струей воды под сильным напором. Мелкая галька возвращается на поля, так как она отмылась, а смесь из песка и воды попадает в гидроциклон, где песок опускается на дно, а сильно загрязненные частицы почвы поднимаются вверх, где смешиваются с загустителем. Полученная масса обезживается в фильтр-прессе. Отфильтрованный ил поступает в специально отведенное место для захоронения. Дальнейшая очистка почвенного фильтрата происходит в флотационных камерах.

В зависимости от опасности места аварии организуются спасательные работы и ликвидация ее последствий при обеспечении проведения комплекса работ:

- ♦ химическая, пожарная и медицинская разведка;
- ♦ оценка необходимости проведения мер противопожарной безопасности;
- ♦ оказание первой помощи пострадавшим и эвакуация людей из опасных зон;
- ♦ специальная обработка людей, одежды, местности, строений;
- ♦ полная ликвидация последствий аварии.

Успех спасательных работ во многом зависит от своевременности, достоверности и полноты данных об обстановке, качества прогнозирования рабочего органа ГОЧС, работоспособности сети наблюдений и лабораторного контроля.

Проблемы хранения, эксплуатации, уничтожения, утилизации и использования компонентов имеющихся запасов химического и ракетно-ядерного оружия. Химическое оружие — это отравляющие вещества (ОВ) и средства их доставки. К химическому оружию относят также специальные вещества, предназначенные для уничтожения растений (гербициды, дефолианты).

При проходе облака зараженного воздуха (ОЗВ) происходит оседание частиц ОВ на местность, технику, строения, одежду, людей. В результате контактов людей с зараженными поверхностями

ми, а также при употреблении зараженных продуктов и воды, происходит их поражение [49, 50]. Токсикологические характеристики ОВ представлены в табл. 7.6.

Наиболее благоприятной для распространения АХОВ (ОВ) является сухая, тихая, прохладная погода: АХОВ быстро оседают на поверхности объектов и долго держат высокую концентрацию. Это необходимо самым серьезным образом учитывать при уничтожении химического оружия. Для защиты от ОВ необходимо герметизировать помещения и укрытия, а также создавать подпор воздуха в них.

Огромная опасность заключается в хранении, уничтожении и утилизации 40 тыс. т заявленных Россией запасов химического оружия под международным контролем и по специально разработанным технологиям.

Суммарный эффект деятельности вооруженных сил России в мирное время составляет до 4% общего сброса сточных вод и до 1,2% выбросов в атмосферу.

Только из-за проливов и утечек горюче-смазочных материалов (а вооруженные силы ежегодно расходуют до 10 млн т ГСМ, они эксплуатируют более 50 трубопроводов и объектов наливного оборудования) под некоторыми объектами образовались «линзы» авиационного керосина. Наибольшую опасность для окружающей среды представляют химические производства Минатома. Значительный вред экологии ряда районов общей площадью до 9 млн км² приносят падения отдельных частей ракет-носителей с остатками

Таблица 7.6

Токсикологические характеристики ОВ

Наименование ОВ	Токсодоза через органы дыхания, г·мин/м ³		Смертельное поражение через кожу, мг/чел
	смертельная	поражающая	
Зарин	0,1	0,055	1480
Зоман	0,05	0,025	100
Ви-газ	0,01	0,005	7
Иприт	1,3	0,2	5000
Синильная кислота	2,0	0,3	
Хлорциан	11	7	
Фосген	3,2	1,6	
Би-зет	110	0,11	
Хлорацетофенон	85	0,03	

компонентов ракетного топлива. Только в войсках ПВО хранится более 30 000 т компонентов ракетного топлива.

За годы интенсивной разработки средств уничтожения созданы огромные запасы химического оружия. Еще до Отечественной войны 1941–1945 гг. были налажены разработка и производство отравляющих веществ (ОВ). Существовало не менее 28 складов ОВ, которые во многих местах страны оставили стойкие пятна иприта. После войны, несмотря на полное отсутствие стратегической необходимости, производство ОВ значительно расширилось. По состоянию на 1994 г. существовало 12 мощных предприятий по производству ОВ и семь крупных арсеналов хранения, на которых имели место многочисленные случаи нарушений мер безопасности, утечек, массового отравления, заболеваний и гибели людей, загрязнения земли и водоемов, образования химических пустошей. Большое количество устаревших ОВ первого поколения (иприт, люизит, арсенид, адамсит) уничтожалось методом открытого сжигания или сливом в водоемы. До сих пор на огромных складах в снарядах, бомбах, боеголовках ракет лежат десятки тысяч тонн ОВ, преимущественно нервно-паралитического действия (зарин, зоман, Ви-газ), также давно превысившие сроки безопасного хранения. Ни одна из этих баз не имеет ни экологического паспорта, ни санитарно-защитной зоны. Все базы расположены в непосредственной близости (0,5–1,5 км) от жилых поселков. Сложные проблемы возникают в связи с предстоящей ликвидацией накопленных запасов химического оружия. Не отставали в производстве химического оружия и другие страны. В настоящее время считается, что запасы США соизмеримы с запасами России и составляют более 32 000 т. Есть такие запасы и у других стран, особенно третьего мира.

В настоящее время на повестку дня ставится вопрос: что делать с 305 000 т трофейных ОВ, которые союзники «захоронили» на дне Балтийского моря в 1946–1947 гг. после разгрома фашистской Германии (рис. 7.1). В нашей зоне оккупации Германии в 1945 г. было обнаружено 35 тыс. т химических боеприпасов, которые были рассыпаны по дну моря в районе о. Борнхольм и порта Лиепая. США и Англия затопили 270 тыс. т (14 видов токсических веществ, в основном, иприт и люизит). В наши дни это стало серьезной проблемой, так как пробы в некоторых местах захоронения указывают на наличие утечки ОВ. Так, осенью 1997 г. морской экологический патруль, осуществляющий контроль окружающей среды на Балтике, обнаружил в районе шведского порта Люсекил придонные концентрации иприта и люизита, превышающие фоновый уровень в сотни раз.



Рис. 7.1. Карта захоронения ОВ в Балтийском море.

Это бомба замедленного действия: из-за коррозионного износа оболочек боеприпасов в морской воде (примерно 0,13 мм в год) залповый выброс может произойти уже к 2005 г., что приведет к запрету ведения рыбного промысла в Балтийском и Северном морях, который приносит до 2,5 млн т морепродуктов в год. Это затронет интересы почти 250 млн человек, кроме того, это грозит еще и всплеском онкологических заболеваний, передачей по наследству умственных и физических уродств, т.е. приведет к непредсказуемым изменениям человеческого вида, а также к мутациям вирусов, что может стать новым проклятием, по последствиям, не уступающим СПИДу.

Всем уже очевидна глобальная проблема, которую надо решать всем миром. Трогать эти запасы очень опасно и необходимо принять меры по их надежной изоляции. Нельзя исключить и опасность терроризма с использованием ОВ.

Не менее опасны и арсеналы химического оружия, хранящиеся в специальных контейнерах или в боеприпасах на складах и ба-

зах армии. К ежегодно выбрасываемым в окружающую среду тысячам тонн ядовитых веществ, хлорорганических пестицидов, дефолиантов, гербицидов и стокам с тяжелыми металлами скоро может добавиться новая напасть от совершенно благородной цели — необходимости уничтожения арсеналов химического оружия.

Закон РФ «Об уничтожении химического оружия» принят 25 апреля 1997 г. Сейчас все яснее становится, что химическое оружие проще произвести, чем уничтожить. Стоимость этого проекта может достичь миллиардов рублей. Такой завод на о. Джонстон (США) стоил порядка 2 млрд долларов. Он обеспечивает сжигание ОВ при температуре 2700°C. Первые же попытки США по уничтожению показали, что из 15 сожженных головок ракет с ОВ было зафиксировано три выброса нервно-паралитического газа. Но если о. Джонстон (Тихий океан) необитаем, то у нас такое предприятие построили в густо населенном районе (вблизи г. Саратов, недалеко от Волги). Осложнением может стать, что весь люизит России (7000 т) хранится около населенного пункта Камбарка на Каме (Удмуртия). А это почти 2000 т чистого мышьяка при ежегодной его потребности в стране до 15 т (особо ценный материал для электронной промышленности). Но его пуск не допустила общественность. В отличие от американских наши специалисты предлагают использовать другой метод: сначала химическое обеззараживание, а затем уничтожение. В России (Всероссийский НИИ химической технологии Минатома) разработана технология совместного уничтожения боевых ОВ и ядерных отходов. Эта российская технология прошла международную экспертизу. Но перевозка химических боеприпасов не исключает аварии на транспорте. Из этого следует, что все-таки придется проводить обеззараживание химических боеприпасов на местах хранения. Кроме того, американский метод уничтожения (сжиганием) химического оружия чреват не только возможными выбросами ОВ, но и образованием диоксинов, опасность чего очевидна.

Требования общественности ясны и конкретны:

- ♦ никаких гигантских заводов по уничтожению химического оружия;
- ♦ никаких перевозок химических боеприпасов по стране;
- ♦ уничтожать ОВ в местах их хранения;
- ♦ не принимать никаких проектов по этим вопросам без четких данных независимых экспертиз;
- ♦ все этапы работ над проектами и строительством установок по уничтожению ОВ должны быть под контролем общественности.

ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ МАЛООТХОДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Весь опыт борьбы с загрязнениями окружающей среды демонстрирует необходимость введения безотходных или малоотходных производств и технологий. Термины «безотходная технология» или «малоотходная технология» понятия в какой-то мере относительные, так как абсолютно безотходных технологий не существует. Но этот термин характеризует степень совершенства примененных в данном производстве технологических процессов и схем, обеспечивающих предел наиболее полного использования сырья и энергии.

Основными путями защиты ОС от загрязнений является уменьшение объема промышленных сточных вод и разработка новых надежных способов их очистки. Этого можно достичь при повторном или многократном использовании очищенных сточных вод. Степень такой очистки регламентируется только технологическими требованиями.

Количество промышленных стоков можно значительно уменьшить изменением технологии производства некоторых синтетических смол (применением азеотропного метода синтеза при получении алкидных смол вместо блочного; использованием в производстве фенолоформальдегидных и карбамидных смол параформа вместо формалина; применением в качестве охлаждающего агента вместо воды — воздуха).

В 80-е годы XX столетия были разработаны сотни типов лазерной техники мощностью 1–5 кВт (типа «Квант», CO_2 -лазеры), продемонстрировавших высокую эффективность лазерных технологий. В настоящее время нашли широкое применение в машиностроении и для обработки материалов лазеры мощностью в 10 кВт, работающие в составе лазерных технологических комплексов при обеспечении выпуска продукции малыми сериями. Лазерная техника позволила внедрить широкий круг технологических процессов обработки самых разных материалов. Например, лазерная резка легированных сталей и цветных металлов толщиной в несколько сантиметров при сложном профиле резки ведется при высокой производительности (до 10 м/с) и отличном качестве. Большую точность (т.е. минимальные отходы) при использовании лазерных технологий можно обеспечить при изготовлении мебели, художественного паркета, сувениров. Но особенно перспективно применение лазеров при резке трудно обрабатываемых материалов: керамики, пластика, стекла, базальтовых.

Лазерная сварка обеспечивает минимальные остаточные деформации, что особенно важно при производстве ряда ответственных деталей (трансмиссий, инструментов); высокое качество шва (ответственные продуктопроводы высокого давления, корпуса оборудования); огромную производительность (банки для консервирования, аэрозольные баллоны); уменьшение вредных выбросов.

Использование лазерных технологий позволяет многократно повысить качество и производительность перфорирования отверстий при изготовлении шумопоглощающих экранов, сит, фильтров, систем распыления жидкостей и газов, обеспечивает высокую экологическую чистоту.

Не менее важной задачей является сохранение здоровья населения. Это требует от пищевой промышленности обеспечить выпуск продукции, не допускающей вредных включений, особенно микроорганизмов. Для уничтожения вредных микроорганизмов используют стерилизацию, внесение химических консервантов, замораживание. Но некоторые продукты стерилизовать нельзя, так как уничтожаются и обеспечивающий их качество вид микроорганизмов (например, кисломолочные продукты), химические консерванты вредны для здоровья, а в замороженных продуктах некоторые микроорганизмы остаются жизнеспособными. Поэтому необходимо перекрыть доступ их в конечный (готовый, консервированный) продукт. Поскольку основным источником загрязнения его является воздух помещения (на каждые 1000 взве-

шенных частиц в воздухе приходится один микроорганизм), персонал, оборудование и сырые продукты, чистая технология должна обеспечить гарантированную чистоту воздушной среды в помещении, а, следовательно, длительное хранение продуктов питания и новый подход к консервированию. Такая технология должна обеспечить переработку продукта в его критической стадии в условиях чистого воздуха при минимальном применении химических средств.

Примером применения современной технологии является промышленное производство интегральных схем и элементов компьютерной техники. Переход к производству интегральных схем в промышленных масштабах на основе поликристаллического кремния и необходимость обеспечения высочайших требований к чистоте самого кремния как исходного материала привела к использованию бестигельной зонной плавки. Для обеспечения промышленных объемов выпуска поликремния необходимой чистоты при наличии токсичности исходного сырья (SiHCl_3) и других побочных продуктов технологического процесса (различные хлорсиланы, хлориды кремния, хлористый водород) требуется применение современных технологий, исключающих вероятность выбросов токсических продуктов в окружающую среду, особенно загрязнение воздушного и водного бассейнов.

Примером малоотходной технологии получения поликремния может служить химическая рециркуляция первичных реагентов. Такая технология позволяет практически полностью превратить все перерабатываемое исходное сырье даже при наличии термодинамических ограничений. Технологический процесс обеспечивает максимальную производительность единицы реакционного объема путем увеличения плотности подачи исходного сырья в реактор.

Важнейшим этапом технологического процесса производства поликристаллического кремния является выделение смеси хлорсиланов из образующейся парогазовой смеси (например, с использованием криогенной конденсации). На следующих этапах производится разделение смеси хлорсиланов на составляющие их индивидуальные вещества с помощью ректификационных колонок [38]. Входящие в состав смеси водород и хлористый водород разделяются на установках криогенной фракционной конденсации.

На процесс получения поликристаллического кремния, основанного на обратимой химической реакции восстановления водородом трихлорсилана (ТХС) SiHCl_3 или тетрахлорида кремния (ТК) SiCl_4 , накладывается ряд ограничений, определяемых термодинамикой и кинетикой. Термодинамические ограничения связаны с

недостаточной степенью превращения хлорсиланов даже при достижении термодинамического равновесия. При этом избыток водорода не может превышать шестикратной величины при резком ухудшении структуры и поверхности получаемых кремниевых стержней. Кинетические ограничения определяются тем, что при одноступенном протекании процесса желание получить максимально возможное извлечение приводит к резкому снижению скорости осаждения кремния.

Переход на рециркуляционный процесс получения поликристаллического кремния восстановлением хлорсиланов водородом дает возможность полностью освободиться от рассмотренных выше термодинамических и кинетических ограничений. Такой процесс становится экономически оправданным, обеспечивает максимальную скорость осаждения кремния без снижения общего извлечения. К тому же рециркуляционная технология получения поликристаллического кремния кроме полной переработки исходных хлорсиланов позволяет повторно использовать непрореагировавший водород и образовавшийся хлористый водород, что не допускает загрязнения окружающей среды высокотоксичными продуктами реакции. Применение этой технологии кроме указанных достоинств (экономических и экологических) обеспечивает высокое качество продукции (получение поликристаллических кремниевых стержней правильной геометрической формы с мелкозернистой структурой и гладкой поверхностью).

Блок-схема установки для получения поликристаллического кремния из трихлорсилана представлена на рис. 8.1.

Чтобы понять механику функционирования данного малоотходного процесса получения кремния можно представить эту схему в несколько развернутом виде: в виде ступенчатого осуществления процесса разделения компонентов с выводом продуктов реакции на каждой ступени (рис. 8.2).

Как можно видеть на рис. 8.2 в каждую последующую ступень технологического процесса поступает не прореагировавшее в предыдущей ступени сырье. При этом каждый цикл рециркуляции описывается выражением (1):

$$P/P_c = (1 - a), \quad (1)$$

где P — степень превращения в одной (каждой) ступени; P_c — суммарная степень превращения (во всех ступенях); a — доля рециркулята от общего количества компонента на входе в реактор.

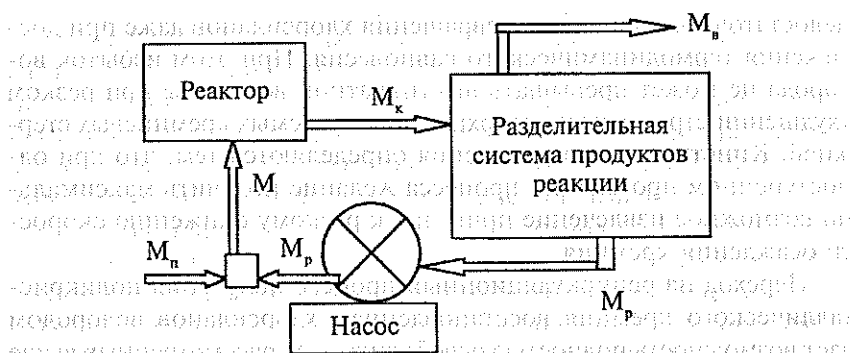


Рис. 8.1. Блок-схема установки для получения кремния.

M_n — количество компонента, выводимого из системы; M — количество компонента на входе в реактор; M_k — количество компонента на входе в систему; M_p — количество рецикулята, M_n — количество компонента на подпитку.

Таким образом, если в первую ступень процесса поступает M_n единиц исходного сырья, то на выходе из нее получается $(1-a)$ долей продукта (химического превращения) и a долей химически измененного сырья. Следовательно, во вторую ступень поступает

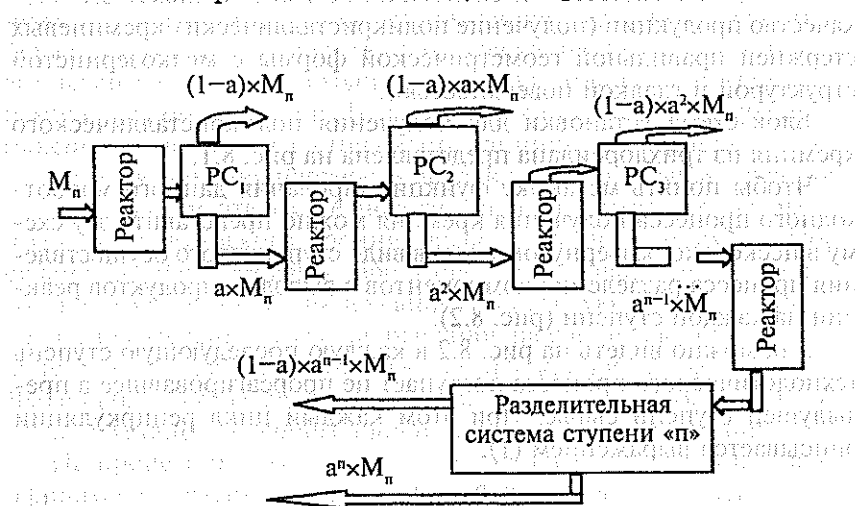


Рис. 8.2. Представление рециркулярного процесса в виде единичных (по ступеням) процессов.

$a \times M_n$ единиц сырья, а выдается $(1-a) \times a \times M_n$ продуктов превращения и $a^2 M_n$ не прореагировавшего сырья. В итоге на n -ю ступень поступает $a^{(n-1)} \times M_n$ единиц сырья и с нее выдается $(1-a) \times a^{(n-1)} \times M_n$ продуктов реакции.

Суммарный расход компонентов сырья M_c во всех последовательно соединенных ступенях технологического процесса составит

$$M_c = (1+a+a^2+a^3+\dots+a^{n-1}) \times M_n = \frac{(1-a^n)}{(1-a)} \times M_n. \quad (2)$$

В выражении (2) каждый член геометрической прогрессии определяет последовательность возвращения не прореагировавшего сырья на данный момент времени в соответствующую ступень устанавки.

Так как всегда $a < 1$, то при числе ступеней, стремящемся к бесконечности, величина a^n как угодно близко приближается к нулю, т.е. выражение (2) с учетом (1) примет вид (3):

$$M_c = M_n / (1-a) = (P_c/P) \times M_n. \quad (3)$$

Из выражения (3) можно получить формулу (4) для определения коэффициента рециркуляции:

$$K_p = M_c / M_n = 1/(1-a) = P_c/P. \quad (4)$$

Если режим работы системы устоялся, то с помощью коэффициента рециркуляции можно определить как суммарный расход компонента (поступающего на подпитку и рециркулята) на входе, так и суммарный выход целевого продукта.

Определение коэффициента рециркуляции можно выполнить по любому компоненту реакции (целесообразно по целевому продукту). Пусть целевым продуктом является вещество b . Тогда, обозначив его долю от суммарного расхода компонентов реакции процесса на входе реактора через D , а от расхода на подпитку свежим сырьем через P_d , можно получить выражение для определения общего количества полученного вещества b :

$$M_b = D \times M_c. \quad (5)$$

Если разделить обе части выражения (5) на M_n , то получится

$$P_d = K_p \times D,$$

а поэтому

$$K_p = P_d / D. \quad (6)$$

Принципиальная схема рециркулярного процесса получения поликристаллического кремния восстановлением трихлорсилана (ТХС) и тетрахлорида кремния (ТК) водородом представлена на рис. 8.3 и 8.4.

При восстановлении ТХС водородом в установившемся состоянии для случая возврата в процесс заданных количеств ТК можно записать:

$$M(\text{ТХС}) + M(\text{ТК}) = M_n(\text{ТХС}) + M_p(\text{ТХС}) + M_p(\text{ТК}), \quad (7)$$

где $M(\text{ТХС})$ и $M(\text{ТК})$ — количество ТХС и ТК на входе реактора; $M_n(\text{ТХС})$ — расход материала, поступающего на подпитку; $M_p(\text{ТХС})$ и $M_p(\text{ТК})$ — количество веществ, возвращающихся в процесс при рециркуляции.

В данном случае количество ТХС-рециркулянта равно общему количеству ТХС, попавшего в реактор, с учетом убыли ТХС на получение конечного продукта (кремния) и ТК, а также на потери при конденсации:

$$M_p(\text{ТХС}) = (M_n + M_p)_{\text{ТКС}} - p \times (M_n + M_p)_{\text{ТКС}} - y \times (M_n + M_p)_{\text{ТКС}} - (1-p-y) \times (1-c_k) \times (M_n + M_p)_{\text{ТКС}}, \quad (8),$$

где p — степень превращения в одной (каждой) ступени процесса; y — доля ТХС, перешедшая в ТК; c_k — степень конденсации ТХС в конденсаторе.

Потерями ТК при конденсации можно пренебречь, так как упругость его пара значительно ниже, чем у ТХС. Это дает возможность из выражения (8) получить:

$$M_p(\text{ТКС}) = (1-p-y) \times c_k \times (M_n + M_p)_{\text{ТКС}}; \quad (9)$$

$$M(\text{ТХС}) + M(\text{ТК}) = M_n(\text{ТХС}) + M_p(\text{ТК}) + M_p(\text{ТКС}) + (1-p-y) \times c_k \times (M_n + M_p)_{\text{ТКС}}; \quad (10)$$

$$M_p(\text{ТК}) = [M_p(\text{ТК}) + y \times (M_n + M_p)_{\text{ТКС}}] \times (1-c_p), \quad (11),$$

где c_p — доля ТК, выводимая из куба ректификационной разделительной колонны;

$$M_p(\text{ТК}) = \frac{y \times (1 - c_p) (M_n + M_p)_{\text{ТКС}}}{c_p}. \quad (12)$$

Из выражений (10) и (12) следует:

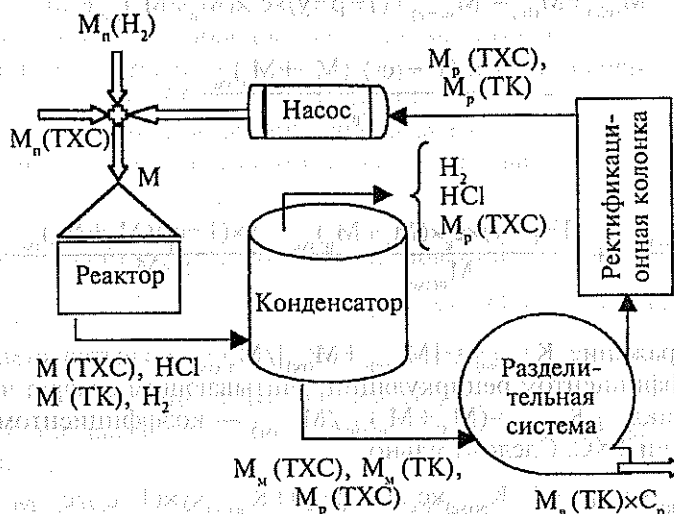


Рис. 8.3. Принципиальная схема восстановления трихлорсилана (TХС) водородом.

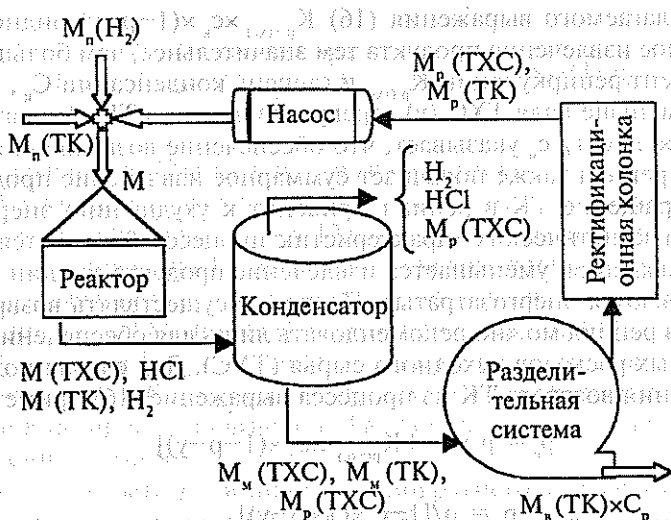


Рис. 8.4. Принципиальная схема восстановления тетрахлорида кремния (TK) водородом.

$$M_{(TХС)} + M_{(ТК)} = M_{n(TХС)} + (1-p-y) \times c_k \times (M_n + M_{p(TХС)}) + \frac{y \times (1 - c_p) (M_n + M_{p(TХС)})}{c_p} \quad (13)$$

или

$$\frac{M_{(TХС)} + M_{(ТК)}}{M_{n(TХС)}} = 1 + \frac{(1-p-y) \times c_k \times (M_n + M_{p(TХС)})}{M_{n(TХС)}} + \frac{y \times (1 - c_p) (M_n + M_{p(TХС)})}{c_p \times M_{n(TХС)}} \quad (14)$$

Здесь выражение $K_{p(общ)} = [M_{(TХС)} + M_{(ТК)}] / M_{n(TХС)}$ является суммарным коэффициентом рециркуляции, учитывающим возврат части ТК в рецикл, а $K_{p(TХС)} = (M_n + M_{p(TХС)}) / M_{n(TХС)}$ — коэффициентом рециркуляции ТХС. Следовательно,

$$K_{p(общ)} = p_c / p = 1 + K_{p(TХС)} \times c_k \times (1-p-y) + K_{p(TХС)} \times y \times (1 - c_p) / c_p \quad (15)$$

или

$$p_c = p [1 + K_{p(TХС)} \times c_k \times (1-p-y) + K_{p(TХС)} \times y \times (1 - c_p) / c_p] \quad (16)$$

Из слагаемого выражения (16) $K_{p(TХС)} \times c_k \times (1-p-y)$ видно, что суммарное извлечение продукта тем значительнее, чем больше коэффициент рециркуляции $K_{p(TХС)}$ и степень конденсации c_k , а также чем меньше доля ТХС (y), превратившегося в ТК. А слагаемое $K_{p(TХС)} \times y \times (1 - c_p) / c_p$ указывает, что обеспечение возвращения части ТК в рецикл также повышает суммарное извлечение продукта. Но возвращение ТК в рецикл приводит к ухудшению энергетических и кинетических характеристик процесса (снижается скорость осаждения, уменьшается извлечение продукта за один цикл, увеличиваются энергозатраты). Поэтому осуществлять возвращение ТК в рецикл можно рекомендовать лишь для обеспечения минимальных расходов исходного сырья (ТХС). Для случая полного исключения возврата ТК из процесса выражение (16) примет вид:

$$p_c = p \times [1 + K_{p(TХС)} \times c_k \times (1-p-y)]$$

или

$$p_c = p / [1 - c_k \times (1-p-y)] \quad (17)$$

В этом случае суммарное извлечение определяется преимущественно долей ТХС, перешедшей в ТК, величиной однократного превращения и степенью конденсации ТХС. На рис. 8.4 приведена

схема рециркуляционного процесса получения кремния при восстановлении ТК водородом, которая экономически целесообразна лишь в случае, если весь ТХС, образующийся на первой стадии восстановления ($\text{SiCl}_4 + \text{H}_2 = \text{SiHCl}_3 + \text{HCl}$) и не прореагировавший в реакторе ТК полностью возвращаются в рецикл. Уравнение материального баланса для такого случая имеет вид:

$$M_{(\text{тхс})} + M_{(\text{тк})} = M_{\text{п}(\text{тк})} + M_{\text{р}(\text{тхс})} + M_{\text{р}(\text{тк})} \quad (18)$$

или после соответствующих преобразований:

$$M_{(\text{тхс})} + M_{(\text{тк})} = M_{\text{п}(\text{тк})} + (M_{\text{п}(\text{тк})} + M_{\text{р}(\text{тк})}) \times x \times c_{\text{к}}(1-p) / [1 - c_{\text{к}} \times (1-p)] + (M_{\text{п}(\text{тк})} + M_{\text{р}(\text{тк})}) \times (1-x) \times (1-c_{\text{р}}), \quad (19)$$

где x — доля ТК, превратившегося в ТХС.

Но так как $(M_{\text{п}(\text{тк})} + M_{\text{р}(\text{тк})}) / M_{\text{п}(\text{тк})} = K_{\text{р}(\text{тк})}$, то выражение (19) примет вид:

$$\frac{M_{(\text{тхс})} + M_{(\text{тк})}}{M_{\text{п}(\text{тк})}} = 1 + K_{\text{р}(\text{тк})} \frac{x \times c_{\text{к}} \times (1-p)}{1 - c_{\text{к}} \times (1-p)} + K_{\text{р}(\text{тк})} \times (1-x) \times (1-c_{\text{р}}). \quad (20)$$

А так как $(M_{\text{п}(\text{тк})} + M_{\text{р}(\text{тк})}) / (M_{\text{п}(\text{тк})}) = K_{\text{р}(\text{общ})} = p_{\text{с}} / p$, то:

$$p_{\text{с}} = p \left[1 + K_{\text{р}(\text{тк})} \frac{x \times c_{\text{к}} \times (1-p)}{1 - c_{\text{к}} \times (1-p)} + K_{\text{р}(\text{тк})} \times (1-x) \times (1-c_{\text{р}}) \right]. \quad (21)$$

Из уравнения (21) можно сделать некоторые выводы.

1. Величина $K_{\text{р}(\text{тк})} \times x \times c_{\text{к}}(1-p) / [1 - c_{\text{к}} \times (1-p)]$, определяющая полноту возврата образовавшегося ТХС в рецикл и эффективность процесса восстановления ТК водородом в целом тем больше, чем значительнее величина коэффициента рециркуляции ТК, степень превращения ТК в ТХС и коэффициент конденсации ТХС.

2. Слагаемое $K_{\text{р}(\text{тк})} \times (1-x) \times (1-c_{\text{р}})$, характеризующее количество возвращаемого ТК, указывает, что чем полнее обеспечен возврат в рецикл не прореагировавшего ТК, тем значительнее суммарное извлечение кремния.

Воздействовать на величину однократного извлечения (p) и коэффициента перехода (y) ТХС в ТК при установившихся параметрах технологического процесса восстановления (температура, мольное отношение $\text{H}_2/\text{ТХС}$, плотность подачи ТХС в аппаратуру восстановления) можно лишь в незначительной степени. Это оп-

ределяется ограничениями, накладываемыми термодинамикой и кинетикой при установившихся параметрах процесса. Но, тем не менее, можно управлять полнотой конденсации ТХС для обеспечения его возврата в процесс, что окажет существенное влияние на величину суммарного извлечения кремния в рециркуляционном процессе.

На практике в установившемся режиме можно получить значения $p = 0,2$ и $y = 0,25$. Тогда выражение (17) примет вид:

$$p_c = p/[1 - c_k \times (1 - p - y)] = 0,2/c_k \times [1 - 0,2 \times (1 - 0,2 - 0,25)] = 0,2/(1 - 0,55 c_k).$$

Теперь, подставляя соответствующие значения коэффициентов конденсации (c_k), можно проследить изменение степени суммарного извлечения продукта (p_c). Из анализа полученных данных примера можно сделать вывод, что увеличение коэффициента конденсации (c_k) приводит к повышению суммарного извлечения кремния, т.е. целесообразно в процессе поддерживать максимально возможную полноту конденсации ТХС. Но так как 100% конденсации достигнуть невозможно, то в рассмотренном технологическом режиме принимается величина $c_k = 0,95 - 0,99$. Как можно видеть из изложенного, в данном малоотходном процессе получения поликристаллического кремния значительная роль отведена водороду. Количество водорода на входе в реактор можно описать выражением

$$M = M_n + M_p, \quad (22)$$

а сам процесс регенерации водорода

$$M_p = (M_n + M_p) - (M_n + M_p) \times d - [M_n + M_p - (M_n + M_p) \times d] \times k_p, \quad (23)$$

где d — доля водорода, принявшего участие в обеспечении протекания реакций ($\text{SiCl}_4 + \text{H}_2 = \text{SiHCl}_3 + \text{HCl}$; $\text{SiCl}_2 + \text{H}_2 = \text{SiH}_2\text{Cl}_2$); k_p — доля водорода, выводимого из рециркуляции по мере накопления примесей.

Отсюда можно определить коэффициент рециркуляции водорода $K_{p(n)} = [1 - (1 - d) \times (1 - k_p)]^{-1}$.

Для получения и регенерации водорода из отходящей парогазовой смеси (ПГС) в данном процессе более целесообразно применять криогенную технологию, которая обеспечивает кроме регенерации водорода регенерацию как не прореагировавшего ТХС, так и продуктов реакции (дихлорсилана, хлористого водорода).

Эта технология обеспечивает более низкие энергозатраты. Целесообразно применять в криогенной технологии многоступенчатую фракционную конденсацию хлорсиланов с вымораживанием хлористого водорода из ПГС и возвратом освобожденного от примесей водорода в реактор. Криогенная технология обеспечивает:

- ♦ высокую чистоту регенерируемых и возвращаемых в процесс не прореагировавших в реакторе исходных веществ и продуктов реакции (хлорсиланы, хлористый водород, водород), обеспеченную отсутствием контакта с посторонними веществами (адсорбентами, абсорбентами);

- ♦ минимальные загрязнения сырья и рециркулятов материала оборудования в процессе из-за наличия низких температур;

- ♦ полное селективное разделение всех компонентов ПГС при 100% возврате в процесс высокочистого водорода при минимальных энергетических затратах на разделение и регенерацию компонентов ПГС, что достигается за счет глубокой рекуперации холода и полной рециркуляции испаренного азота с его промежуточным сжижением.

Сущность криогенной технологии регенерации водорода в рассматриваемом процессе заключается в том, что отводящаяся из восстановительной системы ПГС после компримирования последовательно проходит ряд теплообменников, в которых противотоком движутся потоки охлажденных газов (водорода и хладоносителя — азота). На последней ступени движения потока происходит вымораживание хлористого водорода при температуре порядка -190°C . При этом охлажденный водород и газообразный азот (-140°C) обратными потоками возвращаются в систему, где происходит конденсация хлорсиланов [16]. В качестве промежуточного хладагента применяют фреон с температурой $-(55-60)^{\circ}\text{C}$. Присутствующие в ПГС хлорсиланы полностью конденсируются в области температур $-(100-120)^{\circ}\text{C}$, а содержание хлористого водорода в этом диапазоне температур остается в ПГС без изменения. На этом принципе основано выделение или вымораживание конкретных компонентов, входящих в состав ПГС. Таким образом, по мере конденсации высококипящих хлорсиланов, ПГС обогащается легкокипящими компонентами (так, при температуре -60°C тетрахлорсилан в ПГС практически отсутствует, а концентрация ТХС в газовой фазе достигает 85%).

Сам процесс содержит 4 стадии охлаждения ПГС:

- ♦ на первой стадии (-40°C) происходит выделение конденсата, обогащенного тетрахлорсиланом и полихлоридами;
- ♦ на второй стадии (-90°C) производится выделение конденсата, обогащенного ТХС;
- ♦ на третьей стадии (-120°C) конденсируют дихлорсилан;
- ♦ на четвертой стадии (-190°C) происходит вымораживание хлористого водорода.

Рассмотренная малоотходная технология нашла достаточно широкое применение в промышленности.

ОТХОДЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ, ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Живая фаза почв (почвенная биота) является наиболее активной и чувствительной частью педосферы, отзывчивым индикатором ее здоровья (состояния). Почвенные живые организмы (микрофлора) составляют до 95% биомассы и числа видов от общего количества наземных экосистем. Они выполняют важную многофункциональную роль: чем они активнее, тем интенсивнее протекает круговорот веществ в экосистеме, тем выше ее биологическая продуктивность и экологическая устойчивость. Ясно, что нарушение микробных сообществ может стать причиной разрушения всей агроэкосистемы. Это требует своевременного обнаружения изменений состояния почвенной микробиоты, которые приведут к негативным последствиям (изменениям физических или химических параметров почвы), так как роль каждой группы микроорганизмов в жизни почвы конкретна и многогранна. Микробиологические показатели в огромной степени могут обеспечить диагностику техногенного повреждения педосферы на ранней стадии [27, 55, 66].

Микробная экосистема поддерживает гомеостаз почвы. Из-за своих малых размеров микроорганизмы имеют значительную поверхность контакта со средой обитания, а из-за высокой скорости размножения и роста есть возможность за короткий срок проследить за действием любого экологического фактора в течение десятков (сотен) поколений. Ответные реакции микроорганизмов

касаются различных сторон их жизнедеятельности (роста, морфологического состояния, накопления ими химических элементов, активности звеньев метаболических процессов, состояние регуляторных процессов) в организмах.

Реакции микроорганизмов на изменение факторов окружающей среды проявляются на уровнях:

- ♦ экосистемном, что выражается в изменении количественного и качественного состава сообщества (меняется состав доминантов и содоминантов, так как при изменении условий обитания одни виды исчезают, а другие появляются);
- ♦ популяционном, что определяется изменением кинетики их роста и развития из-за их реакции на антропогенное воздействие.

Необходимо иметь в виду, что почвенные микроорганизмы являются наиболее устойчивыми к радиоактивному облучению компонентами экосистем.

В результате изучения различных техногенных воздействий на активно функционирующие в почве микробные сообщества выявлено, что независимо от природы воздействия изменения микробиоты почвы выражаются в последовательной смене четырех адаптивных зон, каждая из которых соответствует определенному уровню техногенной нагрузки [18]:

- ♦ зона гомеостаза микробной системы почвы характеризуется низким уровнем (концентрацией), в которой состав и количественное соотношение видов в сообществе активно функционирующих в почве микроорганизмов неизменны;
- ♦ зона стресса соответствует среднему уровню нагрузки (концентрации), при которой состав сообщества остается практически неизменным, а количественное соотношение видов подвергается значительным изменениям (происходит перераспределение популяций в сообществе по степени доминирования);
- ♦ зона резистентности определяется диапазоном концентраций действующего агента; происходит резкое снижение видового разнообразия и смена состава активно функционирующих в почве микроорганизмов (развиваются устойчивые к этим высоким нагрузкам популяции микроорганизмов);
- ♦ зона репрессии микробной системы почвы характеризуется очень высоким уровнем техногенной нагрузки; происходит полное подавление роста и развития микроорганизмов в почве, т.е. запасы устойчивости микробной системы почвы полностью ис-

черпаны и она не способна функционировать в данных условиях окружающей среды.

Для индикации среднего уровня техногенной нагрузки при изучении реакции амилотического микробного сообщества, в почву вводится загрязнитель в дозе, равной удвоенной концентрации, определяющей зону гомеостаза. Если после этого в почве не происходит смены доминантов, то она уже произошла ранее в реальных условиях, т.е. имеет место зона стресса.

Наибольшее значение из представителей мезофауны в почве имеют обычные дождевые черви, многоножки, насекомые. В лиственных лесах численность дождевых червей достигает 800 шт./м², а их биомасса — 290 г. В средней полосе России урожайность культурных растений (рожь, ячмень, картофель) прямо зависит от численности дождевых червей в почве (в среднем их около 100 видов, а биомасса составляет 40–120 г/м²). Земляные черви требуют почв, хорошо обеспеченных органическими веществами и кальцием, который черви превращают в карбонат кальция. Покровы беспозвоночных (в том числе яйца многих из них) проницаемы для почвенных растворов в разной степени (в зависимости от вида, конкретных ионов, концентрации солей в почвенных растворах). Обеспечение достаточного количества почвенных организмов способствует углублению гумусового горизонта, при этом нижняя граница горизонта определяется распространением основной массы почвенных беспозвоночных. Все вышесказанное подтверждает, что почва должна быть основным объектом охраны природы, защищаемым от загрязнений.

Минеральные удобрения представляют собой химические соединения (мочевина, цианамид кальция, мочевиноформальдегидные удобрения) и элементы (бор, марганец, медь, цинк, молибден, азот, фосфор, калий), в огромном количестве попадающие в почву [18, 19]. Так, в расчете на 1 млрд атомов сухого вещества типичного растения содержится атомов: азота — 10 млн, калия — 3,8 млн, кальция — 1,8 млн, магния — 1,7 млн, серы — 0,6 млн, железа — 130 тыс., бора — 3 тыс., марганца — 1 тыс., цинка — 0,3 млн, меди — 0,1 млн, кобальта — 1000 атомов. Система применения минеральных удобрений должна основываться на расчетных методах определения норм и доз при учете схем многолетнего полевого стационарного севооборота (табл. 9.1). В 1988 г. с минеральными удобрениями (без микроудобрений) в почвы сельскохозяйственных угодий бывшего СССР внесено 2348 т меди, 2948 т

цинка, 119 т свинца, 46 т кадмия, 896 т никеля и 1005 т хрома, так как эти металлы входят в их состав (табл. 9.2—9.4).

Таблица 9.1

Нормы расхода минеральных удобрений на единицу сельскохозяйственной продукции для центра нечерноземной зоны России

Культура	Расход минеральных туков (кг д.в.) на 1 т продукции			
	всего	в том числе		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	243	77	93	73
Озимая рожь	374	132	132	110
Яровая пшеница	274	103	88	83
Ячмень	257	100	85	72
Овес	260	94	92	74
Гречиха	447	155	196	96
Горох	318	80	119	119
Лен-долгунец (волокно)	921	167	375	379
Конопля (волокно)	517	207	155	155
Сахарная свекла	49,4	8,3	14,4	16,7
Картофель	44	4,1	14	15,9
Кукуруза на силос	15,8	6,2	3,1	6,5
Кормовая свекла	13,2	4,6	2,5	6,1
Однолетние травы	92	22	36	34
Многолетние травы	69	23	20	26

Таблица 9.2

Содержание тяжелых металлов в минеральных удобрениях (г/т д.в.)

Удобрения	Тяжелые материалы, г/т д.в.					
	медь	цинк	кадмий	свинец	никель	хром
Азотные	51	63	1,23	21	6,83	0,38
Фосфорные	127	164	3	34	92	121
Калийные	9,4	20	1,05	28	9,1	0,89
Всего	59	77	1,62	26	30	33

Исследования показали, что при содержании в почве кобальта более 30 мг/кг и кадмия — 150 мг/кг урожайность ячменя, овса и яровой пшеницы снижается по сравнению с контролем почти в два раза, а негативное влияние цинка проявляется при его концентрации в почве 1500 мг/кг.

Таблица 9.3

Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в минеральных удобрениях

Удобрения	Fe	Mn	Cu	Ni	Cr	Pb	Zn	Cd
Апатит	710	49,5	11,3	3,5	1,8	90	7,5	0
Нитрофоска	360	67,5	11,3	6	3,3	15	9	0,03
Суперфосфат	643	114	32	6	3,3	15	18	0,25
Нитроаммофос	272	181	8,5	0,8	8,8	9,8	0,4	20

Таблица 9.4

Источники загрязнения почв в агрокомплексе
(содержание элементов, мг, в 1 кг сухой массы удобрений
и в сточных водах)

Элемент	Удобрения				Орошение сточными водами
	азотные	фосфорные	известковые	Органические	
Мышьяк	120	1200	24	25	26
Бор	—	115	10	0,6	1 000
Барий	—	200	150	270	4 000
Бром	716	5	—	41	165
Кадмий	8,5	170	0,1	0,8	1 500
Цезий	—	20	12	—	20
Кобальт	12	12	0,3	24	260
Хром	19	245	15	55	40 600
Медь	15	300	125	60	3 300
Фтор	—	38 000	300	7	740
Ртуть	2,9	1,2	0,05	0,2	55
Марганец	—	2 000	1 200	550	3900
Молибден	7	60	15	3	40
Свинец	27	225	1 250	15	3 000
Селен	—	25	0,1	2,4	2,9
Никель	34	38	20	30	5 300
Олово	16	19	4	3,8	700
Стронций	—	500	610	80	360
Уран	—	300	—	—	—
Ванадий	—	1 600	20	—	400
Цинк	42	1 450	450	250	49 000
Цирконий	—	50	20	5,5	90

Для объективной оценки загрязнения почв [27, 55, 62] целесообразно знать фоновое содержание вредных элементов в ней и коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственные культуры (табл. 9.5–9.9).

Таблица 9.5

Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах России

Элемент	Концентрация	Элемент	Концентрация
Олово	2,5–14	Свинец	16–39
Селен	0,01–0,85	Медь	0,3–28
Цинк	19–80	Кадмий	0,25–0,6
Ртуть	0,01–0,5	Марганец	161–860
Хром	16–440	Молибден	0,3–3,5
Кобальт	2–25	Никель	5–58

Таблица 9.6

Нижняя и верхняя пороговые границы валового содержания тяжелых металлов в почве, не вызывающего отрицательных биологических эффектов

Элемент	Границы, мг/кг почвы	Элемент	Границы, мг/кг почвы
Олово	5–50	Свинец	50–100
Селен	0,1–1	Медь	15–100
Цинк	2–70	Кадмий	1–5
Мышьяк	15–60	Марганец	400–3000
Хром	80–100	Молибден	1,5–4
Ртуть	0,15–5	Серебро	0,5
Бериллий	0,5–2	Стронций	600–1000
Кобальт	7–30	Никель	10–50

Таблица 9.7

Временные гигиенические нормативы содержания ряда химических элементов (мг/кг почвы) в продуктах

Элемент	ПДК (ОДК)	Элемент	ПДК (ОДК)
Мышьяк	2	Ртуть	2,1
Свинец	32	Свинец + ртуть	20
Хром	0,05	Марганец	1500
Ванадий	150	Сурьма	4,5
Медь	3	Никель	4
Цинк	23	Кобальт	5
Хром	6	Фтор	2,8

Таблица 9.8

ПДК химических соединений и веществ, мг/кг почвы

Вещества	ПДК	Вещества	ПДК
Ацетальдегид	10	Бензол	0,3
Бензапирен	0,02	Толуол	0,3
Сурьма	4,5	Нитраты	130
Медь	3	Мышьяк	2
ДДТ	0,1	Хром	0,05
Никель	4	Ртуть	2,1
Свинец	20	Цинк	23

Таблица 9.9

Оценочные показатели санитарного состояния почвы

Характеристика почвы	Чистая	Загрязненная	Сильно загрязненная
Коли индекс	1—9	10—9999	> 10 000
Энтеробактерии	Не обнаруживаются	Обнаруживается любое количество	
Титр перфрингенс	> 0,01	0,01—0,0001	от 0,00009
Количество гельминтов на 1 кг почвы, шт.	Не обнаруживаются	Обнаруживается любое количество	
Число личинок и куколок мух на 0,25 м ² почвы, шт.	Не обнаруживаются	Менее 25	Более 25

Использование все возрастающего количества пестицидов приводит к снижению видового разнообразия агробиоценозов, нарушению экологического равновесия в агроэкосистемах, усилению конкуренции вредных видов флоры и фауны за пищевой субстрат, к резкому снижению численности их естественных врагов.

В основу углеводов, жиров и безазотистых органических соединений входят три основных элемента — углерод, кислород и водород, а в состав белков и азотистых органических соединений — и азот. На долю этих четырех элементов (С, О, Н, N) в среднем приходится до 95% сухого вещества растений.

Огромное значение комплекса минеральных веществ, входящих в состав растительной пищи, подтверждают результаты исследований в различных регионах. Характер эндемий (постоянное существование заразных заболеваний в какой-либо местности)

может быть остро выраженным или очень слабо проявляющимся у отдельных ослабленных индивидуумов. Например, выявлены регионы России, бедные йодом (зобная болезнь, дебилы, карлики), кобальтом (заболевание скота акобальтозом; или сухоткой). Если регион «богат» стронцием и барием, но обеднен кальцием или йодом, то имеет место уродская болезнь (ломкость костей, поражение суставов), а при избытке молибдена — андимическая подагра.

Таким образом, бесконтрольные (или без учета почвенно-климатических факторов и биологических особенностей сельскохозяйственных культур) внесение в почву минеральных удобрений может привести к серьезным заболеваниям сельскохозяйственных животных и даже людей, т.е. к «антропогенной эндемии». Кроме того, сами минеральные удобрения могут привести к накоплению в растениях токсичных веществ. При питании зерном, протравленным ртутьсодержащими фунгицидами и выращенным на загрязненных сверх нормы почвах, может возникнуть ароническое отравление ртутью (ослабление памяти, возбудимость, слюнотечение, слабость). При накоплении свинца в растительной пище наблюдается его концентрация в костях, печени, почках; свинец переходит в молоко матери, поражает плод. Неразумное использование азотных удобрений, повышенная сухость воздуха и почвы (после периода увлажнения их), нарушение синтеза углеводов (они являются энергетическим материалом для восстановления нитратов) может привести к опасному накоплению нитратов в растениях.

Не сбалансированное внесение удобрений может явиться мощным источником загрязнения почв, сельхозпродукции, почвенных вод, естественных водоемов и атмосферы или причиной других негативных последствий:

♦ длительное внесение удобрений изменяет свойства почв (увеличение их кислотности, потеря гумуса);

- ♦ внесение больших количеств азотных удобрений приводит к загрязнению воды, почв и продукции нитратами, а атмосферы — оксидами азота;

♦ низкий коэффициент использования растениями азота из минеральных удобрений приводит к сбросу легкорастворимых азотно-кислых солей в водоемы, накоплению их в почве и атмосфере, что отрицательно сказывается на здоровье людей и животных (усиливаются процессы мутагенеза и канцерогенеза);

- ♦ загрязнению воды, почв и продукции, которое происходит и от составляющих комплексного минерального удобрения, так как

растения используют только часть питательных элементов, содержащихся в этом комплексном удобрении;

- минеральные удобрения являются источником загрязнения почв тяжелыми металлами (табл. 9.2—9.3), но особенно загрязнены ими и другими токсичными элементами фосфорные удобрения (табл. 9.4);
- минеральные и органические удобрения могут изменять подвижность тяжелых металлов в почве, обеспечить их доступность растениям, загрязнение ландшафтов и гидрографической сети.

Для снижения угрозы загрязнения почвы при внесении минеральных удобрений необходимо использовать комплекс агротехнических, агролесомелиоративных и гидротехнических приемов в сочетании с интенсификацией природных механизмов очистки (полезащитная агротехника с применением структурообразователей почв, полезащитные травопольные севообороты, минимальная обработка почв, нормирование содержания в почве химических элементов).

При этом важно учитывать формы соединений тяжелых металлов в почве, количество и трансформация которых зависит от величины pH, содержания гумуса, числа лигандных групп, способных образовывать с ионами тяжелых металлов новые соединения.

При внесении в почву осадков сточных вод (в качестве удобрений) необходимо соблюдать требования:

Таблица 9.10

Коэффициенты перехода стронция и цезия из разных типов почв в корма (молоко) (пкюри/кг)/(мккюри/км²)

Тип почвы	Звено миграции			
	Почва — корма		Почва — молоко	
	Sr ⁹⁰	Cs ¹³⁷	Sr ⁹⁰	Cs ¹³⁷
Темно-серая лесная	2,6	2,5	—	—
Дерново-подзолистая, супесчаная, дерново-болотная	2,34	7,95	0,32	5,45
Дерново-черноземная, торфяно-болотная	0,72	1,62	—	—
Дерново-песчаная, торфяно-песчаная	0,5	23,6	0,12	19,1
Дерново-глеевая, глеевая	1,1	0,72	—	—
супесчаная, суглинистая	—	—	0,18	0,36
Дерново-суглинистая, супесчаная	—	—	—	—

Таблица 9.11

Коэффициент перехода стронция-90 из почвы в рацион и мясо животных- (с.е.продукта)/((мккюри/км²)

Звено пищевой цепи	Животные	Возраст, мес	Вид угодья (луга)		
			искусственный		естественный
			тип рациона		
			концентр.	сено	смешанный
Почва — рацион	Кр. рог.	25—78	0,9	2,5	1—1,5
	Овцы	36	0,8	1,5	0,8
	Свиньи	6—48	0,06	—	0,07
Почва — мышцы	Кр. рог.	12—70	0,03	0,06	0,02
	Овцы	9—72	0,15	0,4	0,2
Почва — кость	Кр. рог.	25	0,1	0,25	—
	Свиньи	6—48	0,03	—	0,03
	Куры	10	0,01	—	—

Таблица 9.12

Коэффициент перехода цезия-137 из почвы в рацион, молоко и мясо крупного рогатого скота при почвенном поступлении радионуклида (с.е. продукта)/(мккюри/км²)

Пищевая цепь	Вид луга	Тип рациона	Коэффициент перехода
Почва — рацион	Естественный	Сенной	0,15—0,18
	Искусственный	Смешанный	0,07
	»	Концентрат	0,02
	Естественный лесопарковый	Сенной	0,14
Почва — молоко	Искусственный	Смешанный	0,04
	»	Концентрат	0,02
	Естественный лесопарковый	Сенной	0,1
Почва — мышцы	Естественный	Сенной	0,14
	Искусственный	Концентрат	0,02

Примечание. На распаханном участке искусственного луга цезий-137 распределен практически равномерно по пахотному горизонту, а на суходольном и лесопарковом, естественных лугах он длительное время находится в верхнем слабо минерализованном слое почвы (дерн, подстилка), что увеличивает доступность радионуклида для растений.

- ♦ использовать осадки сточных вод под полевые культуры после трехмесячной выдержки, на пастбищах — шести месяцев выдержки;
- ♦ при заделке осадков сточных вод в почву запашкой на участках высева кормовых культур выдержка составляет один месяц;
- ♦ средства транспортировки осадков, выдержанных менее трех месяцев, должны быть продезинфицированы перед новым использованием;
- ♦ в случае эпидемий или эпизоотий чумы свиней, туберкулеза, острого сальмонеллеза, бруцеллеза необходимо накрывать стеллажи при сушке осадков пленкой.

Возрастающий объем применения пестицидов вызывает большую тревогу за здоровье живых организмов и окружающую среду. За полвека выпуск минеральных удобрений возрос в 47 раз, а ядохимикатов — почти в 12 раз. Пестициды — это химические средства защиты растений и животных от вредителей (инсектициды), сорняков (гербициды) и болезней растений (фунгициды), а также стимуляторы роста растений.

Примером контактного инсектицида является выпускавшийся в течение многих лет ДДТ (запрещен в 1968 г.), который оказался крайне устойчивым к разложению в природных условиях (более 40 лет он циркулирует в объектах окружающей среды). За 40 лет применения ДДТ появились популяции полностью устойчивых к нему насекомых.

Ежегодно список запрещенных пополняется новыми, считавшимися ранее «безобидными», пестицидами. А ядохимикатов в мире уже более 700 наименований (в России разрешено использовать около 400). И хранятся они часто при нарушении мер безопасности.

В настоящее время необходимо инициировать работу по поиску или получению методами генной инженерии высокоэффективных штаммов бактерий, способных инактивировать пестицидные препараты разных химических классов до безопасных для человека и животных соединений.

Исследования показали (Калужская, Брянская области), что содержание радионуклидов в продукции животноводства зависит от содержания их в почве и растительности, т.е. необходимо знать коэффициенты перехода радионуклидов из разного типа почв (табл. 9.10), а также видовые особенности животных, их рацион и радионуклид (табл. 9.11, 9.12) [18]. Это даст возможность ориентировочно оценить вероятные концентрации их в продуктах животноводства при почвенном пути поступления по формуле:

$$C_p = K \times \Gamma_p,$$

где C_p — содержание радионуклида в рационе (молоке, мясе животных), кюри/кг; K , (кюри/кг)/(кюри/км²) — почвенный коэффициент перехода; Γ_p — концентрация радионуклида в почвах угодий, кюри/км².

На животноводческое производство непосредственно воздействуют загрязненные атмосферные выбросы, производственные (коммунальные) стоки и твердые отходы. Велика опасность и из-за химизации сельского и лесного хозяйства, поэтому необходимо обеспечить:

- ♦ при выборе места строительства животноводческой фермы учет физико-географических свойств местности и намеченных систем обработки и утилизации навоза (возможности загрязнения подземных вод вблизи артезианских скважин, заброшенных шахт, на пористых известняках);
- ♦ недопущение загрязнения окружающей среды отходами животноводства (хранилища жидкого навоза должны иметь гидроизоляцию);
- ♦ защиту животных от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды;
- ♦ получение продуктов животноводства (в первую очередь мяса и молока) высокого санитарного качества;
- ♦ охрану животных от заболеваний инфекционными и инвазионными болезнями (жидкий навоз на пастбища вносится после окончания выпаса или зимой);
- ♦ предупреждение инфицирования человека антропоозоозными заболеваниями (сап, бешенство, туберкулез, сибирская язва);
- ♦ применение полипептидных вакцин и диагностических биопрепаратов на основе моноклональных антител.

Крупные животноводческие предприятия постоянно являются источником загрязнений окружающей среды. По загрязнению атмосферы они отнесены к санитарно опасным объектам. Количество навоза, сточных вод и других отходов сельского хозяйства значительно превышает объемы бытовых отходов. Зловоние от них распространяется в радиусе до 6 км, вызывая у человека нарушения физиологических реакций (тошноту, головную боль, учащение пульса, повышение артериального давления, нарушение органов пищеварения, дыхания, зрения, ЦНС). Свиноводческий комплекс на 100 тыс. голов выбрасывает в атмосферу за час: до

1,5 млрд микроорганизмов, 159 кг аммиака, 14,5 кг сероводорода, 29,9 кг пыли от кормов. Он является источником 3000 т навоза в сутки (более 1 млн т в год). В радиусе порядка 500 м от комплекса на 4500 голов крупного рогатого скота наблюдается загрязнение атмосферы аммиаком до 0,5 мг/м³, а микроорганизмами свыше 5700 шт./м³ [48]. Стадо в 100 тыс. голов крупного рогатого скота по загрязнению ОС не уступает городу с населением 1 млн человек. Опасность усугубляет наличие и долгое сохранение в активном состоянии в продуктах ферм возбудителей инфекционных болезней (палочки сибирской язвы в спорах сохраняются десятки лет, туберкулеза — до полутора лет; возбудители бруцеллеза, рожи свиней и ящура — до полугода), распространяясь по воздуху или воде на сотни километров. Возбудитель сальмонеллеза выживает в фекалиях на пастбищах до трех месяцев зимой и до четырех месяцев летом, в жидком навозе до 10 месяцев, в моче коров почти полгода, а в почвенном иле — до года. Навоз, полученный от больных и переболевших животных, является источником огромной инфекционной опасности, так как сам навоз служит защитной средой для микроорганизмов от воздействия на них неблагоприятных факторов (инсоляция, действие низких или высоких температур, дезинфицирующих средств).

Для обеззараживания навозосодержащих стоков животноводческих комплексов и ферм используется множество различных технологий, основанных на таких основных группах, как прямое использование в качестве органического удобрения; переработка в торфокомпосты; биологические, химические, механические, электрохимические, термические и физические.

Биологические методы очистки и обеззараживания навоза (главным образом бактериями — аэробные или анаэробные, а в зависимости от температуры процесса — мезофильными или термофильными) обеспечивают перевод вредных веществ в нерастворимую или газообразную форму. Условия эффективного применения биологических способов основаны на биохимической деструкции и минерализации органических веществ микроорганизмами. Велика роль кислотности среды в протекании биохимического процесса, которая должна быть в пределах pH 6,5–8,5.

Аэробные процессы протекают при подаче в обрабатываемый сток достаточного количества кислорода, необходимого для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов. В целом в состав биоценоза активного ила входят разнообразные группы микроорганизмов (мезофильных, термофильных, аэробных и анаэробных). При достаточности кислорода и температуре ОС (20–30)°С в био-

ценозе преобладают мезофильные аэробы (мезофильное окисление), а при (30–40)°С — термофильные (термофильное окисление). В зависимости от условий процесса одна из групп микроорганизмов может преобладать, осуществляя основную обработку. Остальные группы микроорганизмов в этом случае являются сопутствующими, они снабжают основную группу микроорганизмов питательными веществами. При аэробном процессе почти не выделяется неприятного запаха, способ микробиального размножения более прост и приспособлен к изменяющемуся составу навозных поступлений. При этом процессе происходит саморазогревание массы (до 70°С), т.е. ее дезинфекция.

Если в обрабатываемой массе растворенного кислорода недостаточно, то происходит анаэробное брожение, которое может быть метановым или водородным. При температуре массы (30–35)°С в биоценозе преобладают мезофильные анаэробы, а при (50–55)°С — термофильные. Процесс сопровождается выделением биогаза, состоящего в основном из метана, водорода и двуокиси углерода.

Кроме органических веществ для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов в навозной жиже должны быть и биогенные элементы (азот, фосфор, калий), которых иногда в стоках

Таблица 9.13

Нормы площади земли (га), необходимые для утилизации стоков с животноводческих комплексов

Тип комплекса	Поголовье	На весь объем стоков	Для жидкой фракции
Крупный рогатый скот (молочный)	600	230	150
	800	300	200
	1200	460	300
Крупный рогатый скот (откорм): — комплекс — откормочная площадка	600	230	150
	1200	460	300
	2000	760	500
	2400	920	600
	10 000	720	470
Свиноводческий (комплекс)	20 000	1440	940
	30 000	2160	1410
	12 000	500	350
	24 000	1000	700
	54 000	2200	1500
	108 000	4780	3100

бывает недостаточно. Например, недостаток азота тормозит процесс биохимического окисления органических веществ (причина появления трудно оседающего ила); фосфора — кроме указанного приводит к массовому развитию нитчатых бактерий («вспухание» и плохое оседание ила, вынос его из очистного сооружения вместе с осветленной водой).

Необходимо знать, что одна биологическая очистка навозных стоков не даст достаточного эффекта. Так, после двух ступеней очистки содержание (мг/л) составляет: азота — 100, фосфора — 40, калия — 80, БПК₅ — 185, а кислотность рН 8,5. Это можно объяснить тем, что на биологических очистных сооружениях биогенные элементы (азот, фосфор, калий) удаляются не более, чем на 20%. Целесообразно дополнительно использовать химические средства для обеззараживания — формалина, аммиака, ксилола; осаждения — феррохлорида, извести. Применение химических методов очистки и обеззараживания позволяет выделить из стоков до 90% биогенных элементов.

Система утилизации навоза должна соответствовать следующим условиям:

- ♦ строительство и ввод в строй сооружений по хранению и утилизации навоза должны предшествовать вводу в эксплуатацию комплексов (ферм);
- ♦ подготовленный навоз необходимо вносить в почву до наступления морозов большими дозами с периодичностью в 2—3 года;
- ♦ заделывать навоз в почву на площадях, с которых возможен поверхностный сток в открытые водоемы;
- ♦ не допускать сброса сточных вод животноводческих комплексов в водоемы независимо от степени их очистки.

Почвенные методы биологической очистки и утилизации жидкого навоза основаны на обработке не полностью очищенного и обеззараженного навозного стока почвенными микроорганизмами с удалением жидкой фазы от биогенных и органических веществ (необходимы выдержка по времени, ограничение количества стоков или огромные занимаемые площади) за счет процессов самоочищения. Использование сточных вод от животноводческих комплексов для повышения урожайности и экономии минеральных удобрений не должен превышать 50 т/га. Площадь прифермерских участков определяется поголовьем и видом скота, способом удаления и обработки навоза, режимами орошения и севооборотами (табл. 9.13). Но при этом происходит загрязнение почвы вредными веществами, яйцами гельминтов и

Таблица 9.14

Содержание микроорганизмов в почве, орошаемой сточными водами
из расчета 300 м³/га

Глубина почвы, см	Общее число бактерий на 1 г	Коли-титр	Титр энтерококков
Первый участок (внесено сточными водами 240 кг азота/га)			
0-30	18,3±3,4 млн	10 ⁻⁴ -10 ⁻²	10 ⁻³ -10 ⁻¹
31-60	269,4±37,8 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻²	10 ⁻¹ -1,0
61-90	181,1±59,1 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
91-120	86,7±19,7 тыс.	10 ⁻² -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
Второй участок (внесено сточными водами 360 кг азота/га)			
0-30	36,8±2,5 млн	10 ⁻⁴ -10 ⁻³	10 ⁻³ -10 ⁻²
31-60	398,4±57,2 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
61-90	222,1±57,8 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
91-120	66,1±11,6 тыс.	10 ⁻¹ -1,0	10 ⁻¹ -1,0
Третий участок (внесено сточными водами 480 кг азота/га)			
0-30	45,5±6,7 млн	10 ⁻⁴ -10 ⁻³	10 ⁻³ -10 ⁻²
31-60	443,2±71,8 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻²	10 ⁻² -10 ⁻¹
61-90	132,6±31,6 тыс.	10 ⁻² -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
91-120	79,9±18,0 тыс.	10 ⁻² -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
Четвертый участок (внесено сточными водами 600 кг азота/га)			
0-30	45,4±6,9 млн	10 ⁻⁴ -10 ⁻³	10 ⁻³ -10 ⁻²
31-60	556,4±69,3 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻²	10 ⁻² -10 ⁻¹
61-90	262,6±55,9 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻¹	10 ⁻² -10 ⁻¹
91-120	83,9±13,2 тыс.	10 ⁻³ -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
Контрольный участок, орошаемый речной водой			
0-30	665,7±70,6 тыс.	10 ⁻² -10 ⁻¹	10 ⁻¹ -1,0
31-60	95,0±11,7 тыс.	10 ⁻² -10 ⁻¹	1,0
61-90	38,1±4,6 тыс.	10 ⁻¹ -1,0	1,0
91-120	20,4±1,9 тыс.	10 ⁻¹ -1,0	1,0

патогенными микроорганизмами (бактерии, вирусы, простейшие). Степень загрязнения поверхностных или грунтовых вод определяется: способностью почвы адсорбировать; видом, интенсивностью и количеством осадков; сроками внесения; количествами и составом навоза; величиной поверхностного стока и эрозией, что зависит от наклона участка поля.

Исследования показывают, что после удобрительных поливов жидким навозом наблюдается бактериальное загрязнение почвы.

(до 21 млн микроорганизмов/га). А так как возбудители инфекционных болезней сохраняют жизнеспособность в почве почти в 4 раза дольше, чем в жидком навозе, то инфицированный навоз необходимо обеззараживать до внесения его в почву.

После внесения сточных вод в почве интенсивно проходят процессы самоочищения: уже через месяц коли-титр и титр энтерококков во всех горизонтах повысились на один-два порядка. При изучении степени очистки от бактериального загрязнения стоков свиноводческого комплекса на участках чистых перед поливом полей (общее число бактерий менее 1 млн/г; коли-титр 1,0; титр энтерококков не превышал 10,0; сальмонелл не обнаружено) выявлена зависимость от количества азота, внесенного со сточными водами (табл. 9.14); общее число бактерий во всех горизонтах почвы первого участка значительно меньше, чем на остальных. При этом супесчаные почвы обладают большей адсорбцией в отношении микроорганизмов, чем суглинистые.

Наибольшей эффективностью с точки зрения предотвращения потерь летучих фракций азота и загрязнения растений патогенными микроорганизмами и яйцами гельминтов оказался способ внесения жидкого навоза по бороздам с запашкой по сравнению с поверхностным поливом: количество микроорганизмов ниже на один-два порядка, коли-титр повышается незначительно, почва от кишечной палочки освобождается через три месяца (при поверхностном поливе — через шесть месяцев).

Аэробные и анаэробные методы обеззараживания масс животноводческих отходов применяют при возможности длительного хранения в лагунах (открытые пруды-отстойники), отстойниках-накопителях, навозохранилищах, биологических прудах, башнях, аэротенках и метантенках. В лагунах происходит биологическое аэробное или анаэробное разложение навозной жижи. При аэробном разложении жидкий навоз аэрируется с помощью турбин-аэраторов более трех месяцев при обеспечении концентрации кислорода 1–2 г/л, а осевший осадок вычищают раз в 2–3 года. Система проста, дешева, но при этом необходимо обеспечить температуру выше 18°C (работоспособна только в летнее время), а потери аммиачного азота в лагуне достигают 90%. При механической аэрации на 1 кг навоза молочного скота требуется 0,74 м³ (мясного — 0,44 м³) аэробной лагуны, а в лагунах с естественной аэрацией соответственно 4,15 (3,56) м³ [48]. В аэробных лагунах происходит частичное разложение органических веществ, уничтожение большинства патогенных микроорганизмов и неприятного запаха, обеспечивается сохране-

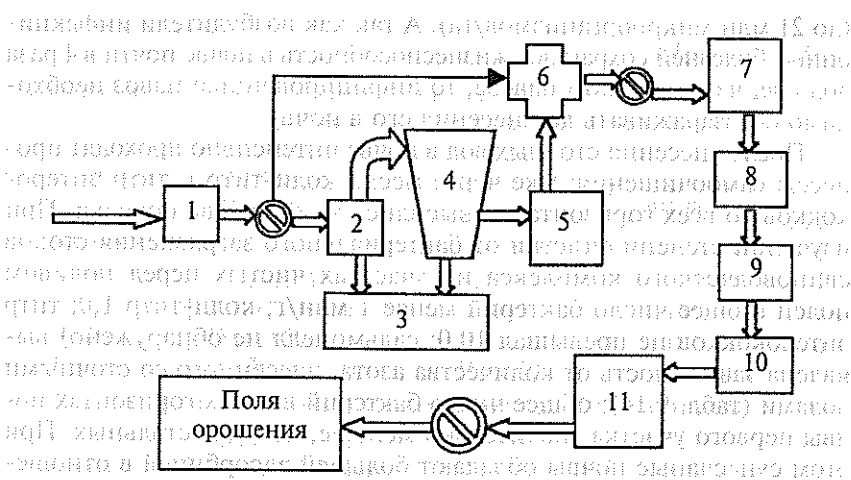


Рис. 9.1. Схема очистки стоков свиного комплекса в рыболовно-биологических прудах.

1 — приемный резервуар, 2 — разделительная установка, 3 — площадка для биотермического обеззараживания, 4 — вертикальный отстойник, 5 — карантинные емкости, 6 — установки термического обеззараживания стоков, 7 — пруд-накопитель, 8 — водорослевый пруд, 9 — рачковый пруд, 10 — рыбный пруд, 11 — пруд-накопитель чистой воды.

ние минеральных веществ в легкоусвояемых формах для растений, уменьшение загрязненности.

В случае дефицита имеющихся площадей целесообразно использовать систему очистки стоков в виде бассейна-перегивателя глубиной до 1,5 м, в котором происходит механическая и биологическая очистка стоков. Бассейн состоит из двух изолированных отделений с размерами в соотношении 1:3. Малое отделение является первичным отстойником, а в большом — осветленные сточные воды подвергаются естественному самоочищению. Осадок из малого отделения удаляется через два года.

В анаэробных лагунах при выдерживании определенного режима (рН 6,7–7,5; температура 30–38°С) потери питательных веществ меньше, они опасны с санитарной точки зрения (различные виды сальмонелл выживают в них до трех лет). На 1 кг свиного навоза необходимо обеспечить 1,2 м³ (навоза крупного рогатого скота — 0,6 м³) объема анаэробных лагун. Очистка анаэробных лагун происходит через 5–8 лет.

Таблица 9.15

Характеристика эффективности очистки каскада прудов

Показатели	Осветленные стоки	Пруд-накопитель	Водорослевый пруд	Рачковый пруд	Пруд чистой воды	Эффект очистки, %
Окисляемость, мг/л	4202	282	92	62	31	99,3
БПК ₅ , мг/л	2000	121	45,7	25,5	13,5	99,3
ХПК, мг/л	2700	400	305	180	75	97,3
NH ₄ , мг/л	120	100	4	4	4	96,7
NO ₃ , мг/л	100	50	10	5	0,5	—
NO ₂ , мг/л	Нет	0,02	0,04	0,04	0,07	—
Азот, г/л	0,376	0,125	0,107	0,102	0,089	76,4
Взвешенные вещества, г/л	5,45	2,61	0,34	0,12	0,02	99,6
pH	6,4	7,7	7,5	7,6	7,16	—
Общее микробное число, млн/мл	98	23	2,3	0,21	0,11	—
Коли-титр	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻³	0,01	0,1	—

Время начала эксплуатации новой лагуны март-апрель. Лагуну следует заполнять водой наполовину и первые два месяца загружать на четверть проектной мощности, а в последующие шесть месяцев — до номинальной. Необходимо ежегодно измерять толщину осадка: быстрое его наслоение свидетельствует о неправильной эксплуатации системы.

Широкое применение нашли биологические пруды следующих типов: для полной очистки животноводческих стоков; для доочистки стоков, предварительно прошедших биологическую обработку; рыбоводные. Пруд рыбоводного типа, эксплуатирующийся в опытном хозяйстве ВИЖ Московской области, представлен на рис. 9.1.

Жидкий навоз из свиарника по самотечному коллектору поступает в приемный резервуар, а из него перекачивается в разделительную установку (2). Твердую фракцию складывают на площадке для биотермического обеззараживания (3) и используют в качестве органического удобрения. Жидкую фракцию направляют

в отстойник (4) для отстаивания и осветления. Осадок из отстойника обезвоживают с помощью центрифуги и также складывают на площадке для биотермического обеззараживания (3). Осветленные стоки из отстойника и фугат с центрифуг направляют в карантинные емкости для выдержки в течение недели.

После этого стоки поступают в цепь биологической очистки, состоящую из каскада прудов разного назначения (табл. 9.15).

В пруде-накопителе (7) осветленные стоки выдерживаются независимо от времени года; здесь осуществляется анаэробное сбраживание органических веществ стоков микроорганизмами. Из пруда-накопителя частично минерализованные стоки поступают в водорослевый пруд (8), который обеспечивает утилизацию фитопланктоном биогенных элементов органического вещества. За счет фотосинтетической реакции происходит обогащение стоков кислородом, что приводит к распаду органического вещества, освобождению биогенных элементов и накоплению планктонных водорослей.

В рачковом пруду (9, рис. 9.1) из-за наличия богатого питательного субстрата происходит массовое развитие ветвистоусых и веслоногих рачков, червей и личинок насекомых. Далее из рачкового пруда стоки, содержащие зообиомассу и биомассу фитопланктона, поступают в рыбоводный пруд (10), обеспечивающий благоприятные условия для развития сеголеток карпа. Очищенные в рыбоводно-биологических прудах стоки поступают в пруд очищенной воды (11), вода из которых используется для орошения полей. Но и такая система не обеспечивает полного освобождения от патогенных микроорганизмов.

Чтобы снизить зловоние в зоне животноводческой фермы и создать более благоприятные условия для обслуживающего персонала и животных, в Голландии была разработана система комбинации анаэробных и окислительных каналов. При этом окислительные ямы размещали под животноводческими помещениями (а иногда для предохранения их от воздействия низких температур и в самом помещении). Эти ямы перед началом эксплуатации заполняются водой до определенной глубины и постоянно аэрируют с помощью вентиляционной установки. Это заставляет содержимое ямы быть в постоянном движении, что приводит к образованию пены. Чтобы не допустить протекания анаэробного процесса с образованием гнилостных газов и сероводорода аэрацию необходимо поддерживать в течение всего времени обработки. Конст-

руктивное выполнение окислительных каналов и ям разнообразно.

Окислительные каналы конструкции ВНИИМЖ наиболее компактны и состоят из двух ступеней циркуляции. Это два замкнутых канала, расположенные один внутри другого и имеют глубину до 1,5 м. Поперечное сечение канала — трапеция с верхним основанием 5,5 м и нижним — 3 м. В центральной продольной части каждого канала установлено по два роторных аэратора: вращающийся ротор первого аэратора захватывает лопастями воздух и подает его в жидкость, а второй, прогоняя по каналу жидкость, перемещивает ее с этим воздухом. Навозная жижа одновременно подается во внутренний канал, перемещивается с воздухом и находящимся в канале активным илом. В результате за время движения по каналу навозная жижа обрабатывается илом и после этого удаляется из верхних слоев самотеком или насосом.

На молочно-товарных фермах Краснодарского края используются системы подпольного накопления и хранения навоза (накопительные ямы). Так, на одном из комплексов края на 1200 коров их содержат на решетчатых полах, под которыми устроены навозохранилища (две траншеи 108×5,5 м, глубиной 3,5 м), в которых может долго сохраняться жизнеспособность патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов: в одном литре навоза поверхностного слоя содержится до 150 яиц трихостронгилов, 80 трихоцефалов. Это потребовало обеззараживать навоз биотермически (при его хранении температура поднималась до 60°C, и навоз частично обеззараживался). Животных содержали на подстилке. Применение воздухоулов, размещенных под решетчатым полом, улучшает микроклимат в помещении. Необходимо учитывать, что хотя при аэрировании навоза в каналах происходит снижение числа сальмонелл на два порядка, они постоянно выделяются из вытекающего потока в значительном количестве.

Применяется и эффективная схема очистки стоков свиноферм, в которой фильтром служит почва, покрытая слоем известняка или шлака. Сточные воды, прошедшие через такой фильтр, практически не загрязняют водоемы. Можно осуществлять разделение жидкого свиного навоза с помощью фильтров из нержавеющей стали. Твердую фракцию подвергают аэробному разложению в течение 90 дней, после чего вывозят на поля. Жидкая фракция после фильтрации попадает в канал и в систему очистки, воду после которой можно использовать для водопоя. Некоторые хозяйства практикуют разделение навоза при помощи центрифуг: твердую фракцию используют для удобрения са-

Таблица 9.16

Примерный суточный выход экскрементов у одного животного при средней их влажности 90%

Группа животных	Выделяется животным за сутки, кг		
	кала	мочи	всего
Бык-производитель	30	10	40
Корова	35	20	55
Нетели	20	7	27
Молодняк на откорме 6–12 мес	14	12	26
Молодняк 12–18 мес	20	7	27
Молодняк на откорме старше 12 мес	23	12	35

дов и огородов, а жидкую — для удобрения пастбищ или после выпадения из нее осадка (через полгода) — повторно в свинарниках. Не менее эффективна технология очистки навозных стоков с помощью сепараторов и прессов. После сепарации жидкая фаза поступает в отстойник, а затем — в аэробный пруд. При этом способе очистки содержание взвешенных частиц в стоках снижается с 20,2 г/л до 264 мг/л, БПК₅ — с 7460 до 31 мг/л. Очищенные стоки используются для смыва навоза. Значительный эффект наблюдается, если после сепарирования навоза жидкую фазу подвергнуть термической обработке в нескольких ступенях реакторов в течение недели. Ступени реакторов оборудованы специальными устройствами рециркуляции, в которых недостаточно обработанная жидкость возвращается на повторную обработку. Но и при этом полного уничтожения патогенных микроорганизмов не происходит. Для определения вероятности инфицирования навоза его целесообразно выдержать в емкостях до четырех дней, что соответствует инкубационному периоду большинства инфекционных болезней (чума, яшур).

Технология переработки (или утилизации) навоза определяется способом его уборки из животноводческих помещений. Если это гидросмыв навоза, то происходит его сильное разбавление с получением мало концентрированных стоков. Но при этом не менее чем в пять раз увеличивается количество отходов, что повышает затраты на его обработку. Но хуже то, что существенно увеличиваются сроки выживания в них возбудителей инфекционных болезней и яиц гельминтов. Непосредственная уборка навоза из помещений вручную нереальна для крупных комплексов и опасна для обслуживающего персонала на животноводческих фермах средней величины (табл. 9.16).

Таблица 9.17

Среднее содержание питательных веществ в жидком навозе, %

Вещество (элемент)	Крупный рогатый скот	Свиньи
Сухое	10	10
Органическое	6,8	7,7
Азот	0,4	0,65
Фосфор	0,06	0,14
Калий	0,46	0,27
Кальций	0,21	0,26
Магний	0,05	0,06
Натрий	0,05	0,04
pH	7,8	6,8

Необходимо учитывать, что в процессе биохимических превращений в экскрементах образуются новые соединения (аммиак, метан, нитриты), дополнительно загрязняющие почву, воду и атмосферу.

Заслуживает внимания биотехнология переработки органических отходов с помощью личинок синантропных мух, которая позволяет трансформировать эти отходы в полезные вещества в 20 раз быстрее, чем это происходит в природе. В процессе питания личинок мух субстрат превращается в сыпучую дезодорированную массу, где не может происходить выплод мух. За неделю из 1 т органических отходов влажностью (20–90)% получается до 50% органического удобрения (биоперегноя) и до 20% — биомассы насекомых.

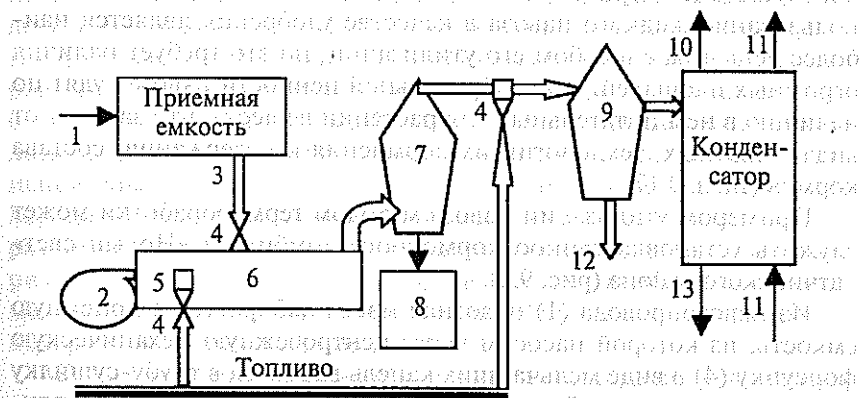


Рис. 9.2. Схема установки для высокотемпературной переработки навоза.

Биоперегной, как прекрасное удобрение, обладает пестицидным действием и содержит до 60% органического вещества.

Биомасса личинок содержит до 60% протеина с полным набором аминокислот и 30% жира. Включение биомассы в рацион цыплят в количестве 11% позволяет заменить на 40% пищевые продукты (пшено, яйцо), снизить себестоимость продукции и увеличить выход мяса на 12%.

Установлены предельно допустимые концентрации (мг/кг) нитратов (по нитрат-иону): для зеленых кормов — 200, картофеля — 300, свеклы — 800, зернофуража — 300 мг/кг.

Наиболее токсичными для большинства животных являются нитриты, образующиеся при анаэробном и микробиальном восстановлении нитратов, или при бактериальном окислении ионов аммония. Нитриты окисляют гемоглобин, что приводит к потере способности переноса кислорода.

Особенно опасными являются загрязнения водоемов аварийными сбросами (при наводнениях, с дождевыми или грунтовыми водами) с объектов сельского хозяйства, в которых имеются биогенные вещества (фосфор, азот и аналогичные). Это вызывает бурный рост первичной биопродукции в водоемах и снижение качества воды.

Опыт эксплуатации очистных сооружений животноводства в развитых странах показал, что наиболее целесообразным путем использования стоков является их утилизация в качестве удобрения при обеспечении соблюдения требований охраны окружающей среды (расстояние перевозки жидкого навоза не более 8 км, соблюдение норм внесения жидкого навоза, запрет внесения жидкого навоза по мерзлой земле или на затопляемых участках). Использование жидкого навоза в качестве удобрения является наиболее дешевым способом его утилизации, но это требует наличия огромных площадей. Об удобрительной ценности навоза судят по наличию в нем питательных для растений веществ, что зависит от вида животных, технологии их кормления и содержания, состава кормов (табл. 9.17).

Примером утилизации навоза методом термообработки может служить установка свинооткормочного комбината «Новый свет» Гатчинского района (рис. 9.2).

Из навозопровода (1) навозная масса набирается в приемную емкость, из которой насосом через центробежную механическую форсунку (4) в виде мельчайших капель вводится в трубу-сушилку (6), где происходит отбор влаги потоком нагретого воздуха. Топливо в камеру сгорания (5) подается через форсунку (4), а воздух —

от вентилятора высокого давления (2).

Парогазовая смесь и транспортируемая потоком воздуха навозная масса из трубы-сушилки (6) поступает в циклон-разделитель (7). Подсушенная навозная масса из циклона-разделителя (7) скапливается в емкости (8). Парогазовая смесь через камеру сгорания и вторую трубу-сушилку, через циклон-отделитель (9) поступает в конденсатор, где происходит ее охлаждение и конденсация пара. Сухая навозная масса (12) поступает на выход для использования, а из конденсатора удаляют воздух (10) и конденсат (13). Для обеспечения работы конденсатора используется вода (11).

Если земельных площадей не достаточно, то утилизацию навоза проводят его высушиванием в роторной сушилке (до влажности 15%) и компостированием. Температура внутри сушильного барабана (до 150°C) обеспечивает обеззараживание конечного продукта. Компостирование навоза уменьшает его объем примерно в два раза, а вес на 50–80%.

В некоторых странах Европы, где существует перепроизводство сельскохозяйственной продукции, используют метод «консервации» полей залужением их многолетними травосмесями с организацией на них сенокосно-пастбищных полей. Это увеличивает запасы гумуса, улучшает плодородие почвы, происходит биологическое разрыхление и оструктурирование почвы, биологический перевод азота воздуха в органические азотосодержащие соединения, биологическая борьба с сорняками, вредителями и болезнями.

Присутствующие в жидком навозе сложные безазотистые (клетчатка, лигнин, целлюлоза), азотосодержащие (белки, мочевая кислота, мочевины) и органические вещества распадаются под действием микроорганизмов с образованием газообразных продуктов (аммиак, углекислый газ, газообразный водород, сероводород) и воды. Получающийся аммиак в аэробных условиях под действием нитрифицирующих бактерий окисляется до азотной кислоты. Соли азотной кислоты накапливаются в почве, нитраты могут использоваться при синтезе белков растений. При дефиците кислорода наблюдается обратный процесс — восстановление газообразного азота из солей азотной кислоты. Наблюдаются также потери фосфора при неправильном хранении навоза, в результате чего микроорганизмы могут превратить фосфаты в газ (фосфористый водород), который улетучивается.

Сельское хозяйство является крупнейшим потребителем пресной воды. Использованная для орошения земель вода возвращается в водоемы с огромным числом взвешенных веществ, различных соеди-

нений, пестицидов, вымываемых из почвы. Сброс неочищенных стоков в водоемы приводит к уменьшению в них кислорода (растворенный в воде кислород расходуется на окисление органических и неорганических веществ), что приводит к гибели планктона, бентоса, рыбы и других дышащих кислородом организмов. В результате усиленно развиваются анаэробные микроорганизмы, т.е. нарушается биологическое равновесие, происходит загнивание водоема. Поэтому необходимо обеспечивать выполнение нормативов, характеризующих воду после сброса сточных вод: количество растворенного кислорода не менее 4 мг/л, биохимическая потребность в кислороде (БПК) не должна превышать 3 (пятидневная) и 6 (двадцатидневная) мг/л, содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л (для водоемов 1-й категории) и 0,75 мг/л (для водоемов 2-й категории), минеральный состав — не более 1000 мг/л, рН 6,5–8,5. Не допускается наличие ядовитых веществ в концентрациях, оказывающих вредное влияние на животных.

В воде не должно быть возбудителей опасных болезней, что определяется показателем загрязненности сточных вод патогенными бактериями группы кишечной палочки (БГКП), оцениваемая величиной *коли-титра* (в каком количестве мл воды имеется одна БГКП) или *коли-индекса* (количество БГКП, находящихся в 1 л воды). Бактериальная обсемененность сточных вод может достиг 132 млн/мл (коли-титр 10^{-8} мл), а дренажной воды 78 млн/мл (коли-титр 10^{-4} мл). Из этого видна степень опасности использования недостаточно очищенных сточных вод для окружающей среды, жизнедеятельности людей и животных.

Среди антропогенных микробных систем широко распространены экосистемы, связанные с процессами очистки сточных вод в первую очередь в аэротенках и метантенках. Аэротенки применяются чаще и могут быть двух типов: вытеснители или смесители. В аэротенке-вытеснителе жидкость подается в его начало и выходит в конце, а в аэротенке-смесителе она подается по всей длине аэротенка и собирается в отводный канал. Содержимое аэротенка постоянно перемешивается подающимся в него воздухом, поступление и удаление сточных вод происходит непрерывно. Время выдержки жидкости в аэротенке составляет от двух до десятков часов.

Чрезмерное внесение азотных удобрений или неправильное их хранение, стоки от животноводческих ферм приводят к загрязнению поверхностных и грунтовых вод нитратами.

БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ. ПРОИСХОЖДЕНИЕ, ХРАНЕНИЕ И СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ. ПОЛИГОНЫ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ

Проблема удаления твердых бытовых отходов (ТБО) и загрязнений городских территорий особенно остро стоит в крупных городах (мегаполисах) с численностью жителей более 1 млн человек. Средняя норма «производства» ТБО на одного человека достигает 1 м³/год (по объему) или 200 кг/год — по массе.

Горы бытовых, промышленных, радиоактивных отходов, а также отходов, связанных с добычей полезных ископаемых и строительных материалов, заставили разработать особую схему их утилизации — создавать полигоны хранения ТБО. По фазовому состоянию отходы разделяются на твердые, жидкие или смесь твердых, жидких и газообразных фаз. Твердые бытовые отходы весьма разнородны по составу (табл. 10.1): пищевые остатки, бумага, металлолом, резина, стекло, древесина, ткань, синтетические вещества.

Анализ ТБО показывает, что основная их масса приходится на долю органических компонентов (до 80%). Пищевые отходы привлекают птиц, грызунов, животных, трупы которых являются ис-

Таблица 10.1

Типовой состав ТБО мегаполиса, %

Наименование	Содержание	Наименование	Содержание
Бумага, картон	37	Дерево	1,9
Кухонные отходы	30,6	Текстиль	5,4
Кожа, резина	0,5	Кости	1,1
Прочие фракции	8,7	Металлы	3,8
Камни, керамика	0,8	Стекло	3,7
Нефтеотходы	1,3	Синтетика	5,2

точником болезнетворных микроорганизмов. Атмосферные осадки, солнечное тепло, разогревание свалки и тепло от пожаров (в том числе подземных) способствуют протеканию на полигонах ТБО непредсказуемых физико-химических и биохимических процессов, продуктами которых являются многочисленные токсические химические соединения в жидком, твердом и газообразном состоянии. В процессе хранения отходы способны превращаться в другие вещества с другими физико-химическими и токсическими свойствами. Это приводит к появлению на полигонах хранения (захоронения) отходов новых экологически опасных веществ, что может представить серьезную угрозу биосфере, существованию человека. Биогенное воздействие ТБО на ОС выражается в том, что отходы создают благоприятные условия для размножения насекомых, птиц, грызунов, млекопитающих, микроорганизмов. Это приводит к разносу бактерий и вирусов на огромные расстояния.

Наибольшую опасность представляют жидкие промышленные и бытовые отходы, которые характеризуются высокими концентрациями самых разнообразных токсичных веществ и соединений, способных проникать в гидрографическую сеть и подземные воды, нанося ощутимый вред почвенно-растительному покрову.

Проблема утилизации радиоактивных отходов в настоящее время приобретает все более угрожающие размеры. Это связано с их широким применением, вредным и скрытным воздействием на живой организм.

Проведенными исследованиями установлено, что вокруг полигонов ТБО формируются зоны динамичных ореолов поликомпонентного загрязнения поверхностных и подземных вод, других

ряжения в пищевую цепь и организм человека. Пути и механизмы такого воздействия весьма сложны и недостаточно изучены. Во многих странах с этой целью разработаны долгосрочные программы исследований, нормативные и законодательные акты, определяющие порядок размещения опасных отходов в геологической среде. Недопустимо, когда зона санитарной охраны полигона и применяемое оборудование выбираются произвольно (без учета реальных процессов загрязнения и комплексных ответных реакций биосферы на функционирование полигонов ТБО). Результаты мелкомасштабных исследований дают возможность выявить значение региональных геолого-тектонических, гидродинамических, метеорологических, термических, геохимических и микробиологических факторов, влияющих на состояние отходов, на миграцию и отложение образующихся загрязняющих веществ и соединений.

Основными задачами является: обоснованный выбор места для полигонов ТБО, определение приоритетных загрязнителей и путей их проникновения в ОС, а также в пищевую цепь и живой организм, обеспечение всестороннего мониторинга влияния полигона на ОС после ввода его в эксплуатацию. По результатам этих работ можно выдавать краткосрочные и долгосрочные прогнозы изменения ОС региона под действием хранящихся отходов. Если полученная комплексная информация достаточно полна, то успешно могут быть решены вопросы: где и когда загрязняющие вещества окажутся в любой из природных сред, какие экологически опасные химические и биохимические реакции будут протекать в зоне влияния отходов.

Необходимо отметить, что в последние годы в составе ТБО уменьшается доля пищевых отходов, кожи, резины, стекла и соответственно возрастает содержание упаковочных материалов (бумага, картон, синтетика), т.е. просматривается сброс западных отходов в наших городах и неумение их использовать.

Широко распространенным способом уничтожения нефтеотходов является вывоз на полигоны и свалки, где их сжигают или захоранивают. Места ликвидации нефтеотходов должны отвечать требованиям: наличие мощных глинистых водонепроницаемых грунтов; достаточное удаление от населенных пунктов; исключение возможности попадания поверхностных вод с территории полигона в близко расположенные водоемы. На полигон сдаются производственные отходы следующих групп: осадки из очистных сооружений; нефте-

продукты, не подлежащие регенерации; нефтесодержащие стоки; отходы гальванического, химического и кожевенного производства; особо вредные отходы в контейнерной упаковке.

Не подлежащие регенерации нефтепродукты и нефтесодержащие стоки привозят в емкостях, оборудованных шланговыми устройствами, и сливают в карты. Затем происходит естественное их отстаивание, откачивание или испарение воды, а нефтепродукты направляются для сжигания в специальные звездобразные ямы, выложенные огнеупорным кирпичом. Неорганизованное сжигание нефтепродуктов (без достаточного количества окислителя) приводит к неполному сгоранию и повышенному дымообразованию, т.е. загрязнению атмосферы.

Нефтеотходы обычно представляют собой эмульгированные с различной степенью стабильности растворы, в которых доля воды может составлять до 70% общей массы. Удаление воды из таких растворов простым отстаиванием удастся с трудом. Во всплывающих в отстойниках нефтепродуктах оказывается до 10% механических примесей в основном неорганического происхождения (абразивная пыль, порошок металлов, мелкий песок). При достижении температуры кипения воды в барботажной ванне слой нефтепродуктов насыщается большим количеством мелких паровых пузырьков. Молекулярные силы способствуют слиянию эмульгированных нефтепродуктов с пузырьками диспергированного в слое пара и воздуха, а затем всплытию образующейся при этом системы «флотируемая частица — пузырек» на поверхность слоя. Всплывающие на поверхность пузырьки воздуха и пара образуют слой пены, насыщенный флотируемым веществом, т.е. нефтепродуктами. В паровой пузырек (в зависимости от температуры слоя, площади разделения фаз газ-жидкость и парциального давления компонентов) в первую очередь испаряются составляющие, имеющие более низкую температуру кипения. Всплывая на поверхность, парогазовые пузырьки образуют ячеистую пену, насыщенную парами воды и продуктами испарения углеводородов при температуре, близкой к температуре испарения воды. Испарение нефтепродуктов происходит также и с поверхности ячеистой пены. Испаряющийся сфлотированный нефтепродукт в виде тончайшей пленки образует поверхность ячеек, а водный пар и газ, заключенные в них, служат изолятором. По мере испарения части нефтепродукта стенки паровых ячеек утончаются, ячейки «взрываются» и происходит распыление остаточного нефтепродукта.

Когда в барботажной ванне начинается кипение, то все тепло, поступающее извне в жидкость, тратится на парообразование. Температура кипения остается постоянной в течение всего времени кипения. При этом наличие механических примесей способствует образованию на поверхности дополнительного количества пузырьков пара. Диаметр паровых пузырьков зависит от внутренних факторов (вязкости жидкой фазы, коалесценции пузырьков на поверхности твердой фазы), размера барботажных отверстий и скорости воздуха. Образовавшаяся ячеистая пена испаряется и разрушается вследствие излучения надслоевого пламени, а также при выходе из слоя первичного воздуха. При этом улучшаются условия прогрева слоя из-за разрушения теплоизолирующей пенной структуры. Неравномерность перемешивания слоя приводит к образованию застойных зон, в которых при повышенной температуре слоя может произойти расслоение системы «нефтепродукт-вода», т.е. вода, как более тяжелый компонент, останется внизу, а смесь нефтепродуктов всплывает. Так как углеводороды могут нагреться выше температуры кипения воды, то возможен перегрев ее и бурное вскипание. Это приводит к образованию большого количества пены с парогазовыми прослойками, изолирующими поверхность нефтепродукта от пламени, т.е. прекращению процесса горения — обрыву пламени. Опасность этого момента для людей и оборудования заключается в выбросе горячей жидкости. Формирование прогретого слоя начинается через несколько минут после воспламенения жидкости. Эффективное перемешивание усредняет температуру слоя и разрушает пенную структуру с выделением парогазовой фазы — этот момент надо держать под особым контролем. Необходимо принимать во внимание и то, что подача воздуха в слой горящих нефтепродуктов приводит к его охлаждению, поэтому воздух необходимо подогревать, используя тепло отходящих нагретых газов.

Отходы гальванических производств также сливаются в карты. На полигоне производят нейтрализацию с использованием в качестве реагентов отходов других химических производств. Компоненты перемешиваются в ямах с помощью грейферов. Воду удаляют (испарением), осадок захоранивают.

К категории тяжелых металлов относят биологически активные металлы, оказывающие отрицательное воздействие на физиологические функции человека, биоты и состояние жизнеобеспечивающих природных сил. Из длинного ряда тяжелых металлов особо опасны мышьяк, кадмий, ртуть, никель, хром, которые могут

вызвать тяжелые заболевания и образовывать высокие концентрации в донных осадках рек, озер, заливов и других водоемов. Сейчас доказано, что широко распространенные в ОС токсичные тяжелые металлы обладают высокой миграционной подвижностью и способностью аккумулироваться в живом организме, пищевой цепи, включаться в метаболический цикл и вызывать разнообразные физиологические нарушения, в том числе на генетическом уровне. Ионы тяжелых металлов не подвержены биохимическому разложению, обычно хорошо растворимы в воде и способны образовывать летучие газообразные и высокотоксичные металлоорганические соединения. Этим объясняется проникновение тяжелых металлов через органы дыхания и пищеварения незаметно для человека, так как они не имеют цвета, запаха и вкуса. Период вывода тяжелых металлов из экосистемы до безопасного уровня очень продолжителен (период полувыведения кадмия из организма человека составляет до 30 лет) и это при условии прекращения их поступления. Тяжелые металлы активно поглощаются биотой, в частности планктоном. При высоких концентрациях ионы металлов становятся токсичными, что вызывает функциональные деформации и даже летальный исход. Установлен синергизм накопления тяжелых металлов в организме из-за их комплексного воздействия. При синергизме эффект действия многократно усиливается (например, токсичность иона свинца усугубляется при недостатке кальция, а иона лития — при недостатке натрия). Из-за антагонизма цинка и кадмия введение избыточного количества цинка приводит к снижению содержания кадмия, отличающегося повышенной токсичностью. Токсичность тяжелых металлов в значительной степени зависит от химической формы нахождения их в ОС. Особенно опасны металлоорганические соединения (метилртуть, соединения свинца), а летучие металлы (ртуть, кадмий, мышьяк, сурьма, селен, литий) легко проникают в организм через органы дыхания.

Источниками поступления тяжелых металлов в ОС могут быть антропогенные и природные процессы. С природными процессами связана основная масса поступления тяжелых металлов, заключенная в водах мирового океана, донных осадках, почве, почвенно-растительном покрове, атмосфере. Вулканический выброс тяжелых металлов в атмосферу в тысячи раз превосходит их поступление антропогенным путем. Глубинные металлоносные флюиды являются поставщиками тяжелых металлов в подземные воды, формируя обширные гидрогеохимические поля в артезианских

бассейнах. Во многих случаях эти воды выходят на поверхность, загрязняя тяжелыми металлами акватории, шельфы, атмосферу. Характерными для глубинных флюидных потоков являются летучие мышьяк, ртуть, литий, сурьма, кадмий, селен, таллий. Поскольку флюидная активность земли имеет ритмический и пульсирующий характер, то возможны залповые выбросы тяжелых металлов во все сферы, включая атмосферу.

Антропогенные источники тяжелых металлов разнообразны и многочисленны, поступление в ОС может осуществляться постоянно или залповыми выбросами, которые прекращаются после прекращения функционирования соответствующего антропогенного объекта. Могут появляться локальные участки загрязнения с высокими концентрациями токсических веществ и соединений. Наиболее крупными поставщиками тяжелых металлов являются ТЭЦ, автотранспорт и объекты, сжигающие топливо (уголь, мазут, дизельное топливо, бензин), которые при высокотемпературных процессах образуют газообразные (реже аэрозольные) соединения, загрязняющие значительные территории. Доля энергетики в суммарной антропогенной эмиссии по ванадию, никелю, кобальту и сурьме превышает 75% общего поступления. Вокруг металлургических предприятий (Череповец, Норильск) существуют обширные аномальные зоны, обогащенные тяжелыми металлами. Значительную экологическую опасность представляют промышленные отходы и отвалы, обогащенные металлами, особенно с предприятий, ведущих добычу сульфидных руд. В районах нефте- и газодобычи подземные воды сильно обогащены тяжелыми металлами, которые поступают из глубины в атмосферу по околотрубным пространствам скважин и другим участкам техногенного нарушения герметичности над месторождениями газа и нефти.

Взаимодействие антропогенных и природных источников загрязнения тяжелыми металлами создает в мегаполисах экологически опасную обстановку. Так, концентрация мышьяка, меди, цинка, хрома, свинца, никеля в донных отложениях р. Рейн за 200 лет увеличилась в 20 раз, ртути — в 50 раз, кадмия — в 100 раз. В теле современного человека свинца содержится в 45 раз больше, чем в египетских мумиях.

Удаление тяжелых металлов из воздуха осуществляется совместно с удалением пыли, влаги, аэрозолей с помощью уже рассмотренных технологий и применением фильтров соответствующей конструкции. Из водных стоков они удаляются реагентным способом: соответствующим подбором реагента для данной группы ме-

таллов. С наибольшими трудностями связана возможность очистки почв: опыт очистки почв от радионуклидов после Чернобыльской катастрофы может быть использован при рекультивации участков земли, сильно загрязненных тяжелыми металлами. При этом основной стадией является отмывка водой и удаление растворимых соединений тяжелых металлов из воды при замкнутом водооборотном цикле.

В первоочередную задачу превращается необходимость устранения загрязнений ртутью. Актуальность этой задачи возникает как в рабочей зоне, так и в жилище человека. Именно здесь человек проводит основную часть времени, не обращая внимания на необходимость систематического проветривания помещений из-за возможного наличия загрязнения (разбитый термометр, горячая обработка металла). Только Россия потребляет ежегодно до 400 т ртути, что приводит к образованию до 10 тыс. т ртутьсодержащих отходов (РСО) со средним содержанием в них ртути до 4%. Свои потребности в ртути Россия покрывает на 10%, а 90% — за счет импорта. Но, имея до 500 тыс. т РСО, запасы которых ежегодно пополняются на 10 тыс. т, Россия могла бы почти полностью решить проблему импорта ртути и обезвредить «экологическую бомбу замедленного действия».

Технологии предусматривают демеркуризацию твердых отходов, выщелачивание, окисление, экстракцию и получение металлической ртути.

Основными технологиями переработки РСО являются:

- ♦ переработка и утилизация ртутьсодержащих шламов при производстве каустической соды;
- ♦ переработка ртутьсодержащих катализаторов;
- ♦ переработка РСО металлургической, химической, электро-технической промышленностью;
- ♦ переработка ртутьсодержащих ламп.

Необходимо отметить, что в России сортировке ТБО для извлечения полезных компонентов и использования их в качестве вторичного сырья внимания практически не уделяется, а только это может обеспечить быструю окупаемость строительства полигона для ТБО. Основными методами переработки ТБО (табл. 10.2) до сих пор остаются: захоронение; термические (обычно сжигание) и биохимические методы (как с получением биогаза, так и с получением удобрений и биотоплива).

Таблица 10.2
Соотношение технологий переработки ТБО, % [66]

Технология	США	Англия	Франция	ФРГ	Япония
Полигон-свалка	84	90	55	78	57
Сжигание	15	9	35	20	40
Удобрения	—	1	10	2	2
Прочие методы	1	—	—	—	1

Состояние дел с переработкой отходов в России можно рассмотреть на примере самого крупного города страны — Москвы, где ежегодно образуется 2,5 млн т ТБО. Причем 90% их утилизируются на двух полигонах, а остальные — на двух мусоросжигательных заводах, оснащенных оборудованием из ФРГ и Дании или на свалках (их 90, но 63 из них не функционируют). Полигоны функционируют более 20 лет, и срок их эксплуатации заканчивается. Полигоны и заводы не обеспечивают необходимый уровень охраны окружающей природной среды. На полигонах отсутствуют минимально необходимые природоохранные сооружения (водоохранительные экраны, противооползневые устройства, системы отвода и обеззараживания фильтрата и поверхностных вод). Часто не проводится послойная укладка отходов с ежедневной засыпкой песком, допускается складирование до 1,5 млн т в год токсичных промышленных отходов (ТПО). Последнее обстоятельство совершенно недопустимо, так как требования к утилизации ТБО и ТПО совершенно различные и совместное их хранение не допускается по требованиям экологической безопасности.

Перспективно использовать сочетание термического метода с полигоном (на Западе это называют санитарной свалкой), оборудованном по специальной технологии. Дно полигона спланировано под небольшим уклоном и выстелено прочной полиэтиленовой пленкой. Внизу полигона выполнен сток и сборник жидкостей, фильтрующихся из отходов и грунта. Их регулярно вывозят на переработку. Дневной рацион отходов уплотняется катками, засыпается слоем глины и песка, а затем застилается новой прочной полиэтиленовой пленкой — и так каждый день. По окончании эксплуатации полигона производится планировка рельефа, посадка растений или использование этих площадок для спорта. При этом чем лучше выполнены ежегодные работы, тем меньше вероятность

просадки грунта в последующие годы. Такой полигон обходится в шесть раз дешевле строительства завода по уничтожению отходов. Порядок выбора участка и строительство полигона (рис. 10.1) можно рассмотреть на примере опытного полигона «Красный бор» (г. Колпино). Для этого была выделена площадь в 50 га, удовлетворяющая требованиям: не затопляется паводковыми водами; отсутствуют используемые для водоснабжения водоемы и водные горизонты; вблизи поверхности расположены водоупорные грунты.

Участок ровный с уклоном на север и северо-запад. Поверхность участка и прилегающей территории заболочена, покрыта лесом и кустарником. Гидрографическая сеть отсутствует. Геологический разрез территории полигона на глубину 100 м от поверхности земли представлен четвертичными (озерно-ледниковые пески и моренные суглинки) и нижнекембрийскими осадками. Общая мощность четвертичных отложений до 4 м.

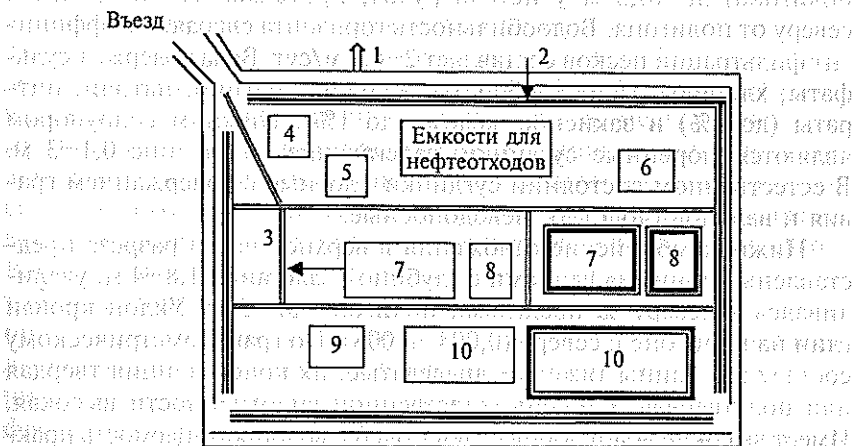


Рис. 10.1. План полигона

1 — кольцевой канал для перехвата внешних вод; 2 — вал из кембрийской глины; 3 — дорожная сеть внутри полигона; 4 — комплекс зданий: КПП, лаборатория, административное здание; 5 — ремонтные мастерские; 6 — комплекс сооружений участка термического обезвреживания отходов: хозяйственно-бытовые помещения и установка термического обезвреживания; 7 — котлован для приема отходов, содержащих органические соединения: выделенный — закрытый; 8 — котлован для приема отходов, содержащих особо вредные соединения: выделенный — закрытый; 9 — хозяйственно-бытовые помещения цеха приемки; 10 — котлован для приема отходов, содержащих неорганические соединения: выделенный — закрытый.

Мощность озерно-ледниковых песков 0,1–2,3 м, увеличивается в северном и северо-восточном направлении. На расстоянии 400 м от контура полигона подошва водоносных озерно-ледниковых песков залегает на 0,4–1 м ниже верхней границы захоронения промышленных отходов. Пески (мелкие, средние и пылеватые) по химическому составу однородны с главными компонентами в виде оксидов (%): кремния — 84,6; алюминия — 7,65; железа — 3,5; калия — 2,4; натрия — 1,36; магния — 1,33; кальция — 1,12.

В слое озерно-ледниковых песков имеется водоносный грунтовый горизонт. Уровень воды совпадает с поверхностью земли, т.е. мощность водоносного горизонта в пределах полигона равна мощности песков, он питается в основном атмосферными осадками и в незначительной степени подземными водами с юга. Подземный поток направлен на север и северо-запад (в сторону р. Ижоры и ее притоков). Отметки уровня воды снижаются от 16,3 (на площади полигона) до 15,5 м у истока ручья, протекающего в 0,8 км к северу от полигона. Водообильность горизонта слабая. Коэффициент фильтрации песков составляет 2–6,2 м/сут. Вода содержит сульфаты, хлориды, гидрокарбонаты, кальций, магний, натрий, нитраты (до 2%) и закисное железо (до 1%). Нижним водоупором являются моренные суглинки, залегающие на глубине 0,1–3 м. В естественном состоянии суглинки плотные с содержанием гравия и валунов (до 15%), неводоносные.

Нижекембрийские отложения в верхней части разреза представлены «синими» глинами с глубиной залегания 1,8–4 м, увеличиваясь к северу за пределами полигона до 15 м. Уклон кровли глин на полигоне к северу (0,004–0,008). По гранулометрическому составу эти глины тяжелые, пылеватые, их консистенция твердая или полутвердая. Степень естественной уплотненности высокая. Имеет высокие водоупорные свойства (ее водопроницаемость практически равна нулю), что обеспечивает надежность обезвреживания жидких отходов при захоронении. Кембрийские глины по химическому составу довольно однородны (%): SiO_2 — 83,5; Al_2O_3 — 18,5; Fe_2O_3 — 9,7; K_2O — 5,4; Na_2O — 5,7.

Таким образом, выбранный участок по геологическому и гидрологическому строению отвечает требованиям захоронения промышленных отходов.

На полигоне была принята упрощенная технология обезвреживания промышленных отходов, сводящаяся к захоронению жидких и твердых отходов и сжиганию нефтеотходов. Извлеченная при отрывке котлованов глина использована для создания вала вокруг

полигона. Чтобы предотвратить стоки загрязненных вод, глина в обваловке утрамбована. По внешнему контуру полигона сделан кольцевой канал, вода из которого собирается в ручей, отходящий на север.

Площадь полигона разделена на участки, между которыми проложены бетонированные дороги с дренажными канавами. Сбор ливневых и паводковых вод производится в общий водоприемник-испаритель, который предусматривает искусственное испарение. По периметру полигон имеет ограждение, при входе — контрольно-пропускной пункт и весовая.

При проведении исследований химического состава термически высушенных осадков на полигоне ТБО (станция аэрации г. Орехово-Зуево) в течение года позволили произвести как сезонную, так и количественную оценку биогенных элементов, наличие токсических веществ (соединений). Поступающие на станцию аэрации сточные воды на 50% состоят из различных видов промышленных стоков, что несет угрозу содержания в них токсических веществ. Влажность ТБО в среднем составляла 3–5%, зольность — до 50%, частицы размером 1–3 мм — до 70%. Определение наличия в термически высушенном осадке железа, меди, цинка, хрома, никеля, свинца, кадмия, натрия, кальция, магния проводилось методом пламенной эмиссионной и атомно-адсорбционной спектрофотометрии, алюминия — объемным методом с ксиленоловым оранжевым, марганца — калориметрическим с периодатом. В водных вытяжках катионы определялись с помощью спектрофотометра, хлориды — ионоселективным электродом, кальций и магний — с применением трилонометрического метода. Для определения сульфатов использовался весовой метод, нитратов с салицилатом натрия и общий азот — по методу Кьельдаля. Концентрация фосфатов устанавливалась в растворе с молибдатом аммония.

Результаты анализов демонстрируют табл. 10.3–10.9.

Минеральная часть ТБО (табл. 10.3) содержит соединения кальция, магния, кремния, алюминия и железа. Наличие значительного количества кальция в осадках (около 50%) обуславливается технологией механического обезвоживания на вакуум-фильтрах с добавлением извести и хлорного железа.

Результаты исследования подтвердили органический характер ТБО (в них содержится более 90% органического углерода от общего его количества, а индекс отношения углерода к азоту составляет в среднем 14) и целесообразность использования их после переработки в качестве удобрений (табл. 10.4).

Таблица 10.3

Химический состав золы в ТБО полигона, %

Зола, % сухого вещества	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
47,8—55	8,4—12,5	6,4—11,1	3—11,1	44,1—50,4	4,6—14,2	1,8—6,4

Таблица 10.4

Содержание биогенных элементов в ТБО (% от сухого вещества)

Азот	Фосфор	Калий
1,9—3,4	0,9—2,5	0,1—0,3

Таблица 10.5

Содержание основных микроэлементов (%) в золе ТБО

Медь	Цинк	Хром	Свинец	Кадмий	Марганец	Стронций
0,3—0,4	0,2—0,6	0,1—0,26	0,03—0,06	0,01—0,003	0,05—0,13	0,1—0,2

Таблица 10.6

**Содержание токсичных органических веществ
(% от сухого вещества ТБО)**

Люминесцирующие вещества типа нефти		Фосфор- органические ядохимикаты	Хлорорганические ядохимикаты
Полярные	Неполярные		
1,2—2,4	0,8—1,5	0,04—1,155	Не обнаружено

Примечание. Фосфорорганические и хлорорганические ядохимикаты содержатся в количествах, значительно меньших их содержания в почвах.

Таблица 10.7

Содержание водорастворимых элементов (% от сухого вещества)

CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Cu	Zn	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Sr
0,8— 5,84	0,065— 0,1	0,068— 0,082	0,0006— 0,027	(0,75— —1,5)×10 ⁻⁴	0,13— 0,22	1,17— 1,3	0,0075— 0,011

Таблица 10.8

Содержание микроэлементов в почве при использовании ТБО в качестве удобрения
(% от сухого вещества)

Проба	Медь	Цинк	Рб	Ni	Cr	Cd
Торфяная почва (контр.)	0,018	0,009	Ниже чувствительности метода			
Торфяная почва + ТБО	0,036	0,04				

Содержание микроэлементов и токсичных органических веществ, способных оказать токсическое действие на продукцию сельского хозяйства после внесения их в почву, приведены в табл. 10.5 и 10.6. Содержание микроэлементов (например, никель, кремний), не указанных в табл. 10.5, находится ниже чувствительности, обеспеченной методом исследования.

Важной характеристикой любого удобрения является содержание в нем водорастворимых элементов (ионы калия, натрия, кальция), которые наиболее легко усваиваются растениями и макси-

Таблица 10.9

Содержание тяжелых металлов в растениях, выращенных на почвах с применением ТБО
(% от сухого вещества)

Анализируемая сельскохозяйственная культура	Медь	Цинк	Марганец	Зольность, %
Ячмень:				
-контроль	0,0008	0,002	0,004	2,7
-ТБО 50 т/га	0,001	0,003	0,0026	2,2
-ТБО 50 т/га +N ₁₈₀	0,002	0,004	0,005	5,4
-ТБО 50 т/га P ₁₂₀	0,002	0,003	0,002	5,7
-ТБО 50 т/га K ₁₈₀	0,002	0,0017	0,0035	2,2
-ТБО 50 т/га N ₁₈₀ +K ₁₈₀ +P ₁₂₀	0,0007	0,004	0,003	2,5
Овес:				
-контроль	0,0016	0,006	0,014	4
-ТБО 10 т/га	0,0015	0,008	0,012	3,4
-ТБО 20 т/га	0,0005	0,006	0,007	2,5
Кукуруза:				
-контроль	0,01	0,016	0,005	10,5
-ТБО 10 т/га	0,01	0,008	0,003	10,7
-ТБО 20 т/га	0,007	0,007	0,005	10,2
Многолетние травы:				
-контроль	0,005	0,004	0,003	4,1
-ТБО 10 т/га	0,004	0,003	0,003	5
-ТБО 20 т/га	—	0,005	0,003	6

мально подвержены процессам миграции (табл. 10.7). При этом надо учесть, что в условиях щелочной среды (рН 8–12) в водную вытяжку переходит незначительная часть этих элементов, т.е. растения, выращенные на почвах с применением удобрений ТБО, не будут их накапливать. Не попадают в водные вытяжки и микроэлементы, кроме меди и цинка. Поэтому необходимо было проверить растения, выращенные на почвах, удобренных ТБО (табл. 10.8). При внесении 20–50 т/га наблюдался двукратный прирост содержания меди и цинка, а остальных микроэлементов — за пределами чувствительности определения.

Анализ выращенной продукции на почвах с применением ТБО (табл. 10.9) показал, что попавшие с удобрением в почву тяжелые металлы (даже медь и цинк) практически не попадают в растения, а по хрому и кадмию фиксировались только их следы. Не наблюдается существенная разница в содержании меди и цинка в различных видах сельхозпродукции. Это дает основания полагать, что известь, содержащаяся в осадке, препятствует миграции металлов в растения. Таким образом, можно сделать вывод, что наличие в термически высушенных осадках сточных вод достаточно органического вещества и основных питательных элементов для роста растений. Следовательно, целесообразен такой способ утилизации ТБО.

Вид продукции	Среднее содержание, мг/кг	ТБО 20 т/га	ТБО 50 т/га	Контроль
Пшеница	0,001	0,001	0,001	0,001
Рожь	0,001	0,001	0,001	0,001
Ячмень	0,001	0,001	0,001	0,001
Овес	0,001	0,001	0,001	0,001
Кукуруза	0,001	0,001	0,001	0,001
Пшеница	0,001	0,001	0,001	0,001
Рожь	0,001	0,001	0,001	0,001
Ячмень	0,001	0,001	0,001	0,001
Овес	0,001	0,001	0,001	0,001
Кукуруза	0,001	0,001	0,001	0,001
Пшеница	0,001	0,001	0,001	0,001
Рожь	0,001	0,001	0,001	0,001
Ячмень	0,001	0,001	0,001	0,001
Овес	0,001	0,001	0,001	0,001
Кукуруза	0,001	0,001	0,001	0,001

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Областной центр расположен в 375 км от истоков р. Ока при впадении в нее р. Яченка и в 188 км юго-западнее Москвы. Общая длина р. Ока 1480 км., площадь бассейна — 245 тыс. км², а длина реки Яченка — 35 км. Ока — типичная равнинная река (ее средний уклон составляет 0,11‰) с широкими весенними разливами. Преобладающая глубина 1–2,7 м, а скорость течения 0,4–0,7 м/с. Пополнение воды Оки происходит, в основном, талыми снеговыми водами (65% годового стока), впадающими в нее реками, дождевыми и подземными водами. Средний годовой расход воды Оки у г. Калуга составляет 290 м³/с, а объем годового стока — 9 км³. По химическому составу вода в реке преимущественно гидрокарбонатно-кальцевая, слабощелочная. Содержание растворенного кислорода изменяется в пределах 4–15 мг/л, насыщенность воды кислородом — (40–120)%. Биологическое потребление кислорода (БПК₅) составляет до 4 мгО₂/л, а химическое потребление кислорода (ХПК) до 40 мгО₂/л.

В своем устье р. Яченка в 1979 г. перегорожена дамбой, по которой проложена автомагистраль с интенсивным движением. Это привело к образованию в черте города второго по значимости водного объекта — Яченского водохранилища размером 2500×850 м и объемом 5 млн м³. Это водоем со стоячей водой и необычным рельефом дна: до создания моря пойма р. Яченка была изрыта карьерами и глубокими котлованами глубиной до 7 м, т.е. водохранилище

имеет резкие перепады глубины. Вода здесь замутнена из-за илистых отложений, толщина которых на средних глубинах достигает метра, а во впадинах и ямах — даже двух. Река Яченка ежегодно приносит в водохранилище с территории города до 1,7 млн м³ сточных вод, а на притоках реки действуют 13 ферм и птицефабрика. Овраги на восточном берегу водохранилища облеплены гаражами и их неперенными спутниками — свалками, выброшенными отработанными аккумуляторами с электролитом, сливом отработанных ГСМ, мазута и прочих отходов техники и быта. При обильных дождях все это устремляется в водохранилище вместе с другими компонентами ливневой канализации. А в устье Яченки образовался поросший камышом, затянутый ряской водоем, скорее напоминающий болото. Это рассадник вредоносных бактерий. К 1993 г. стало ясно, что создание водоема отрицательно повлияло на поведение подземных вод под калужским бором, который начал увядать.

Серьезной проблемой для водоисточников города стало поступление в них без всякой очистки ливневых стоков со значительной территории города, а также недостаточно обеззараженных стоков от объектов экономики. Это привело к значительным накоплениям в них солей тяжелых металлов.

Занимаемая Калугой территория представляет собой слегка волнистое плато, прорезанное крутыми оврагами, с уклоном на юг и юго-восток: в сторону р. Ока, где заканчивается крутыми откосами или полого переходит в прибрежную пойму. Непосредственно под почвенным покровом залегают ледниковые отложения (морены), состоящие из многометровых слоев глины, суглинка, песка и гравия. А ниже этих отложений находятся породы более древнего (каменноугольного) возраста с прослойками бурого угля. На всех уровнях имеются водоносные горизонты.

Калуга, как развитый индустриально-промышленный центр, своей инфраструктурой активно воздействует на окружающую природную среду: здесь вследствие наличия каменных и асфальтовых покрытий, скопления высокоэтажных строений, парков и садов формируется свой микроклимат, который отличается от климатического фона окрестностей и является неоднородным даже по территории города. Замеры показали, что город оказался «островом тепла», средняя температура воздуха которого на 0,5–1,5°С выше окружающей его территории. Годовое количество осадков составляет в среднем чуть более 600 мм, из которых $\frac{2}{3}$ выпадает в теплые месяцы.

В Калуге размещается значительное количество филиалов московских предприятий и научно-исследовательских институтов. Промышленность имеет многоотраслевую структуру. Доля машиностроения и металлообработки составляет более 50%, а по числу работающих в этих отраслях — 60%. Значительную долю составляют пищевая, легкая, промышленность строительных материалов, химическая и топливно-энергетическая.

В структуре машиностроительного комплекса ведущее место занимает транспортное и энергетическое машиностроение, приборостроительная, радиоэлектронная, деревообрабатывающая, химическая и электротехническая промышленность. К наиболее крупным предприятиям г. Калуга, активно загрязняющим окружающую среду области, относятся: ОАО «КАДВИ», ОАО «КЗАЭ», ОАО «КАЛУГАПУТЬМАШ», ОАО «КТЗ», «КЭМЗ», ГП «КЗТА», АО «ВОСХОД», АОО «АМЕТИСТ», ОАО «КАЛУЖАНКА», АОЗТ «ГИГАНТ», АОТ «КДСК», КНИИТМУ, ОАО «КОБМ», ГП «Завод радиооборудования», АО «Завод ТЕКМАШ», ОАО «Завод ЖБИ», Завод «КАЛУГАПРИБОР», ЗАО «КАЛУГАСТЕКЛОТАРА», ОАО «АВТОЭЛЕКТРОНИКА», ОАО «АРОМАСИНТЕЗ», ОАО «СТРОИТЕЛЬ», ОАО «СПЕЦСТРОЙ», АО «КАЛИФ». Дополняют загрязнение ОС предприятия городов Обнинск, Алексин, Людиново, Воротынский и других районных городов, ряд воинских частей, размещенных в области.

На радиационную обстановку в области оказывают влияние:

- ♦ 54 объекта, работающие с радиоактивными веществами (РВ) и источниками ионизирующих излучений (ИИИ);
- ♦ 23 объекта, использующие методы промышленной рентгеновской дефектоскопии и одно предприятие, работающее с открытыми ИИИ;
- ♦ 23 объекта, использующие радиоизотопные приборы;
- ♦ 2 ИИИ (один проводит рентгеновскую дефектоскопию и рентгеноструктурный анализ, а другой работает с открытыми РВ);
- ♦ 2 объекта проводят геологические работы;
- ♦ Обнинская АЭС (реактор ВВР-Ц, электрическая мощность 5 МВт);
- ♦ Всероссийский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии (Обнинск, использует ИИИ активностью до 200 тыс. Ки);
- ♦ физико-энергетический институт (ФЭИ) имеет ИИИ активностью 300 Ки, РАО (твердые с активностью 1380 Ки, жидкие с

активностью 163 тыс. Ки), топливо и продукцию с активностью 3 млн Ки;

♦ физико-химический институт им. Карпова имеет твердые РАО с активностью 320 г-экв. Ra, реактор ВВР-Ц мощностью 15 МВт;

♦ действующие исследовательские реакторы Обнинска типа БР-10, АМ-2, ВВР-Ц;

♦ 5 ускорителей, 12 критсборок (Обнинск);

♦ фабрика стерилизаций медицинских изделий с применением изотопа кобальт-60 активностью 1 млн Ки (г. Кондрово);

♦ в лечебно-профилактических учреждениях области функционирует 110 рентгенодиагностических и 32 рентгенофлюорографических кабинетов;

♦ медико-радиологический научный центр АМН РФ (г. Обнинск), областной онкологический диспансер (кобальт-60, активность $3,1 \times 10^{14}$ Бк) и радоновая лаборатория больницы скорой медицинской помощи, использующая радионуклид активностью 30 мг-экв радия (г. Калуга).

Калужская область явилась одной из наиболее пострадавших среди областей России от Чернобыльской катастрофы, это районы:

♦ Ульяновский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 76 населенных пункта (8907 чел.), а с плотностью загрязнения 5—15 Ки/км² — 39 населенных пунктов (2959 чел.);

♦ Жиздринский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 74 населенных пункта (11 905 чел.), а с плотностью загрязнения 5—15 Ки/км² — 14 населенных пунктов (997 чел.);

♦ Хвостовичский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 34 населенных пункта (19 552 чел.), а с плотностью загрязнения 5—15 Ки/км² — 16 населенных пунктов (1061 чел.);

♦ Людиновский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 32 населенных пункта (47 262 чел.);

♦ Куйбышевский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 36 населенных пунктов (6558 чел.);

♦ Думиничский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 2 населенных пункта (434 чел.);

♦ Мещовский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 6 населенных пунктов (708 чел.);

♦ Кировский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км² — 5 населенных пунктов (155 чел.);

♦ Козельский, с плотностью загрязнения до 5 Ки/км^2 — 18 населенных пунктов (1644 чел.).

Максимальный радиационный фон в остальных районах области составляет $0,15 \text{ мкЗв/ч}$ (по Калуге — $0,14 \text{ мкЗв/ч}$). Среднегодовая эффективная доза на население области составляет $0,04$ – $1,7 \text{ мЗв}$ (при установленном критерии 1 мЗв).

Замеры радиационной опасности от строительных материалов дали результаты (1996 г.): минимальное значение активности 14 Бк/м^3 (строительный песок), максимальное — 282 Бк/м^3 (керамзит), мощность экспозиционной дозы в зданиях находится в пределах $0,1$ – $0,14 \text{ мкЗв/ч}$.

Нельзя сбрасывать со счета поставщиков диоксинов в атмосферу: бумажные фабрики в населенных пунктах области Кондрово, Троицкое, Полотняный Завод. Не меньшую опасность представляет завод резинотехнических изделий АО «Агрегаз-полимер» в г. Обнинск.

В г. Калуга с каждым годом все острее ощущается проблема размещения, утилизации, переработки твердых бытовых и промышленных отходов, особенно представляющих значительную экологическую угрозу токсичных отходов. Несмотря на наличие полигона для размещения ТБО в городе и его пригородах зафиксировано более 170 стихийных свалок, находящихся в неудовлетворительном экологическом состоянии, не отвечающих санитарным требованиям. Обычно такие свалки устраивают в лесах, оврагах и загрязнения из них разносятся водой на значительные пространства. Особую опасность представляют ртутьсодержащие отходы (1-й класс опасности) от люминесцентных элементов оборудования.

Проблемой захоронения сложных промышленных (особенно токсичных) отходов в областном центре занимается АО «Регион-Центр-Экология» (РЦЭ): проектирование, строительство и эксплуатация завода по переработке сложных промотходов; реализация проекта создания локальных объектов по переработке промотходов непосредственно на ряде предприятий города. МЦП «Полигон» обеспечивает безопасную эксплуатацию функционирующей свалки Калуги мощностью до $0,8 \text{ млн м}^3$ ТБО в год, снижая вредное влияние свалки на окружающую среду, особенно на грунтовые и поверхностные воды. Технология утилизации отходов включает картовое (уплотнение до 800 кг/м^3) складирование и изоляцию (грунтом) отходов. На полигоне складировются и некоторые

Таблица 11.1

Объемы отходов (тыс. м³), вывозимых на полигон города некоторыми предприятиями (1996 г.)

Предприятие	Объем	Предприятие	Объем
МЦП ГЖУ	475,9	АО «Компания-Рус»	47,6
Калуга-Эко	91,4	ОАО «Калугапутьмаш»	1,23
Калуга-Эра	20,4	ОАО «Аромасинтез»	0,84
Зеленстрой	3,82	АООТ «КЭМЗ»	0,78
Мясокомбинат	2,7	Калугаоптторг	0,67
ОАО «КЗАЭ»	1,92	АО «Восход»	0,65
ОАО «КТЗ»	1,15	Завод «Калугаприбор»	0,64
ОАО «Кадви»	1,09	КЗТА	0,58

малотоксичные не утилизируемые промышленные отходы, не поддающиеся дальнейшей переработке и использованию в качестве вторичного сырья от 204 объектов города (табл. 11.1). Всего на полигон вывозится ежегодно до 66,3 млн т промышленных и бытовых отходов.

Наибольшая доля загрязнений *атмосферы* приходится на производство стройматериалов (13%), машиностроение и металлообработку (27%), теплоснабжение (22%) — это пыль, диоксид азота, оксид углерода, углеводороды, а также вещества 1- и 2-го классов опасности или специфические (пятиокись ванадия, свинец, хром, соляная и серная кислоты, бензин, ксилол, толуол, ацетон, формальдегид, фенол, уксусная кислота).

На предприятиях области улавливается и обезвреживается более 86% вредных веществ, в том числе 44,3% газообразных и жидких. Но тем не менее на каждого жителя Калуги за год вредные выбросы в атмосферу достигают 90 кг оксида углерода и оксида азота («Доклад о состоянии окружающей природной среды Калужской области в 1998 году» Госкомитета по охране ОС Калужской области, 1999 г.). Наибольшая часть вредных примесей в атмосферу приходится на предприятия и отопительные системы промышленных населенных пунктов области (табл. 11.2, 11.3).

Из общего выброса в атмосферу Калуги (5700 т) на долю твердых веществ приходится 1100 т, а по некоторым предприятиям:

- ♦ ПО Калугатеплосеть 1266 т;
- ♦ КУ ПХГ (станция подземного хранения газа) 674 т;
- ♦ АО Калугапутьмаш 408 т;

Таблица 11.2

Основные показатели по составу выбросов (т)
от стационарных источников в атмосферу Калужской области

Год	Всего	Диоксид		Оксид углерода	Твердые вещества	Прочие
		серы	азота			
1989	60 528	7280	3690	27 260	16 090	6208
1990	62 620	7590	4050	28 580	14 810	7590
1991	58 223	7711	4271	26 751	13 280	6210
1992	51 193	7690	3620	22 553	11 360	5970
1993	42 284	6780	3650	17 070	9420	5364
1994	39 119	5720	3149	17 000	9420	5364
1995	27 050	3700	2730	13 240	5160	2220
1996	24 670	3780	2770	12 110	4370	1640
1997	20 110	3055	2212	10 496	3210	1137
1998	16 926	2049	2301	8865	2611	1100
1999	17 567	2083	1734	9202	3407	1141

Таблица 11.3

Выбросы вредных веществ (тыс. т) в атмосферу области

Город, район	Выброс	Город, район	Выброс
Калуга	5,0	Обнинск	0,6
Киров	1,7	Дзержинский	1,4
Людиново	2,2	Козельский	1,2

- ♦ АЗСМ 277 т;
- ♦ АО КТЗ 347 т;
- ♦ завод ЖБИ 251 т.

Очистными установками этих предприятий уловлено 54,7% загрязняющих веществ.

Из общего выброса в атмосферу г. Людиново (2600 т) предприятия города выбрасывают:

- ♦ АО Людиновотепловоз 980 т;
- ♦ АО Агрегатный завод 260 т;
- ♦ АО Машзавод 220 т;
- ♦ АО Кронтиф 760 т.

Очистными установками этих предприятий уловлено 72,4% загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу.

Основным загрязнителем воздушного бассейна г. Киров является чугунолитейный завод (59,7% выбросов города). Очистными установками предприятий города улавливается более 73% загрязняющих веществ.

Основным загрязнителем воздушного бассейна г. Обнинск являются:

- объединение Теплоснабжение 1130 т;
- НПО Технология 140 т;
- ФЭИ 290 т;
- ДСК 490 т.

Очистными установками предприятий города улавливается более 29,7% загрязняющих веществ.

В настоящее время в области насчитывается более 200 тыс. автомобилей различной модификации и собственности. Суммарный выброс от них составляет ежегодно до 72% общего количества загрязняющих выбросов (более 70 тыс. т), при этом наибольшая концентрация этих выбросов наблюдается на центральных улицах города, особенно в местах крутых подъемов и спусков. Службами санэпиднадзора контроль уровня загрязнения атмосферы города проводится ежегодно (до 2800 проб). Из них оказываются с превышением ПДК (по пыли, сернистому газу, окиси углерода, окислам азота, солям тяжелых металлов) около 12%. А из 4295 проб на радиоактивность выше временно допустимых уровней зафиксировано более 28% проб.

Проведение операции «Чистый воздух» и сокращение объема производства в последние годы снизили количество вредных выбросов в атмосферу, но радикальным решением вопроса для областного центра должно стать строительство обходной дороги и важным звеном здесь является пуск очередного моста через р. Ока в Калуге. Значительную работу по снижению вредных выбросов проводят и некоторые предприятия города. ОАО «КТЗ» внедрил фильтры типа ФРКИ в местах выброса сталеплавильных печей литейного цеха, а в цехах основного производства — электронно-лучевую сварку, осуществил перевод котельной на природный газ, наметил внедрение системы трехступенчатого сжигания топлива, что должно уменьшить выбросы окислов азота на 30%. На ОАО «КАЛУГАПУТЬМАШ» внедрена система дожигания в ваграноч-

ных газах оксида углерода, что уменьшило его ежегодное поступление в атмосферу на 192 т. ОАО «КЗАЭ» изменением структуры используемого топлива и оптимизации режимов его сжигания в котельной снизило ежегодный выброс вредных веществ в атмосферу на 84 т.

Калужская область входит в десятку самых неблагоприятных регионов России по качеству воды. Забор воды для питания Калуги осуществляется из пяти подземных (северный, южный, Зеленый Крупец, Покровские ключи, Киевские ключи) и одного поверхностного (Окский) водозаборов. Усиленная эксплуатация подземных вод привела к образованию региональных воронок площадью до 200 км² и понижением уровней до 45 м на упинском и нижнетульском горизонтах, увеличению общей минерализации воды на большинстве водозаборов, т.е. ухудшению качества питьевой воды. Из-за повышения содержания железа в подземных водах, на северном и южном водозаборах введены в действие станции обезжелезивания. Ставится вопрос об отказе от Окского водозабора, а его воду использовать только для технических нужд. Замену Окского водозабора можно осуществить введением подземного водозабора в районе п. Андреевский (затраты порядка 150 млрд руб.). Из 400 родников города по результатам лабораторного контроля удовлетворяют требованиям только 10. В остальных наблюдаются превышающие в несколько раз загрязнения (кишечная палочка, нитраты), а в 9 родниках вода вообще не пригодна для питья в связи с превышением коли-индекса в 238 раз.

Анализ влияния экологических факторов на здоровье населения области показывает рост заболеваемости в среднем с 1272,6 до 1364 человек на 100 тыс. жителей, при этом заболеваемость детей и подростков увеличилась за 1998 год на 12%. Этот рост заболеваемости особенно ошутим в промышленных центрах области.

Удельный вес анализов питьевой воды по двум группам коммунальных водопроводов, не соответствующих действующему ГОСТ по химическим показателям, составил 11,4 и 19,3%, а по бактериологическим — 14 и 33,2%. Процент несоответствия анализов питьевой воды водоканала, выполненных службами санэпиднадзора, требованиям ГОСТ составил по химическим показателям 3,5%, по бактериологическим — 3,1% (1999 г.), а водоемов 1-й категории по санитарно-гигиеническим показателям — 7%, по микробиологическим — 13,4%. Для водоемов 2-й категории процент неудовлетворительных проб составил 14,1 и 9,85% соответственно.

ных растворов.

МОЖНО ВЛИЯНИЕМ ДОЛОМИТЕЗИРОВАННЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ.

выми водами (перед началом снеготаяния минерализация макси-

мальная), а в период половодья она в 2–5 раз меньше из-за притока почвенно-поверхностных вод, достигая величины 50–150 мг/л.

Жесткость речных вод области также подвержена сезонным колебаниям в зависимости от характера питания реки: минимальная жесткость наблюдается в период половодья (2–3 мг-экв/л), а летом она возрастает в 2–3 раза (р. Мышега до 9 мг-экв/л).

Природные факторы определяют также цветность и содержание органических веществ в водах рек. В зимний период количество органических веществ в воде уменьшается. Средняя годовая мутность воды в р. Ока составляет 23–250 г/м³ (ее средняя величина 120 г/м³), в р. Жиздра — 26–85 г/м³ (47 г/м³), в р. Протва — 13–92 г/м³ (38 г/м³). При этом максимальная суточная мутность воды в р. Ока достигает 1300 г/м³, р. Жиздра 1900 г/м³, р. Протва — 340 г/м³, а среднесуточная мутность составляет соответственно 540, 340, 160 г/м³.

Опубликованные данные о химическом составе вод рек области (табл. 11.4) давались в 1938 г. (реки Ока, Угра), 1940 г. (р. Протва), 1950 г. (р. Жиздра), 1960 г. (реки Рессета, Воря, Ресса, Вытебеть, Мокша), 1986 г. (реки Болва и Шаня).

Таблица 11.4

Основные показатели качества воды в реках Калужской области

Показатели	Ока	Жиздра	Протва	Угра	Вытебеть	Мышега
pH	7,5–9	7–8	7,5–9	7–8,5	7–7,6	3,2–8,5
O ₂ , ад мг/л	4–16	7–10	6–12	6,5–14	8–13	1–13
O ₂ , ад % мас.	40–120	50–90	60–100	60–110	70–100	10–110
Жесткость, мг-экв/л	3–4,5	3–4,5	3–4,5	3–5	2–4	2,5–9
Ca ²⁺ , мг/л	30–80	40–80	30–80	40–80	20–50	50–100
Mg ²⁺ , мг/л	10–20	10–20	15–20	10–20	5–12	6–25
HCO ₃ ⁻ , мг/л	100–300	140–200	150–300	120–220	100–200	50–140
SO ₄ ²⁻ , мг/л	30–80	30–80	30–70	25–60	20–40	80–300
Cl ⁻ , мг/л	10–30	10–20	10–30	10–20	2–15	20–60
Минерализация, мг/л	200–500	200–400	200–500	200–400	170–350	350–900
Окисляемость (ХПК), мг O ₂ /л	15–40	15–40	10–30	10–30	10–30	90–170

Несмотря на наличие очистных сооружений более 60% массы сброшенных сточных вод относится к категории недостаточно очищенных, около половины хозяйственно-бытовых стоков в водоемы вообще не подвергаются очистке (реки Ока, Протва). Серьезную проблему представляют животноводческие комплексы и фермы, птицефабрики, подсобные хозяйства объектов экономики, которые ежегодно пополняют воды рек 20 тыс. т навозной жижи и навоза.

Загрязнение р. Угра происходит сельскохозяйственными и хозяйственно-бытовыми стоками при ежегодном суммарном поступлении до 7 млн м³. Загрязненность воды органическими веществами невысока (по БПК₅ — 2,5 мгО₂/л, по ХПК — 20 мгО₂/л). Поступающие с территории Смоленской области воды р. Угра загрязнены по азоту аммонийному и нитритному (до 2 ПДК), меди (до 2 ПДК). Самым загрязненным притоком Угры является р. Шаня, которая несет сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности и объектов сельского хозяйства, в которых БПК₅ достигает — 4 мгО₂/л, ХПК — 35 мг О₂/л. Превышение ПДК по азоту аммонийному и нитритному (до 2 ПДК), соединениям меди.

Река Болва по химическому составу воды относится к гидрокарбонатному классу, группе кальция. Минерализация воды достигает 400 мг/л, насыщение воды кислородом не снижается ниже 50%. Загрязнение воды происходит стоками предприятий черной металлургии, тяжелого машиностроения (города Киров и Людиново). Содержание органических веществ в воде достигает по БПК₅ — 4 мгО₂/л, по ХПК — 40 мгО₂/л. Превышение ПДК по азоту аммонийному (до 4 ПДК), нитритному (до 2 ПДК), соединениям железа, нефтепродуктами. Ряд конкретных объектов, загрязняющих гидросферу города, представлены в табл. 11.5.

На ОАО «Калугапутьмаш» с 1995 г. используется технологический процесс, исключаяющий меднение на гальваническом участке, что уменьшило загрязнение сточных вод на 80%. Очистные сооружения молокозавода, мясокомбината способны обеспечить только механическую очистку (отстойники), а здесь требуется биологическая очистка стоков. Проведенные анализы проб воды с очистных сооружений предприятий сельскохозяйственной продукции показывают превышение ПДК по БПК в пять раз, а по взвешенным веществам, сухому остатку, азоту аммонийному в десятки и даже сотни раз. На объектах экономики продолжается ввод в действие водоохраных объектов: очистные сооружения на АО «Калуганефтепродукт»; станция очистки сточных вод в локомотивном

Таблица 11.5

Показатели сброса сточных вод (тыс. м³) некоторыми предприятиями г. Калуга в 1996 г.

Предприятие	Река сброса	Без очистки	Плохо очищено
КТЗ	Яченка	740	740
	Калужка	190	190
ЖБИ	Терепец	22	22
Стекольный	Киевка	22,5	22,5
АЗСМ	Яченка	4,2	4,2
Авторемзавод	Киевка	11,3	11,3
Облводоканал	Ока	54923	54923
	Угра	100	100
КОЭЗ	Киевка	16,5	22,4
КЗТА	Ока	112,8	112,8
Агротехтранс	Ока	3,4	3,4
	Терепец	420	420
КАДВИ	Ока	20	20
КЗАЭ	Терепец	7,4	7,4

депо. За счет строительства локальных оборотных систем в ряде цехов ОАО КТЗ (литейном, термическом, кислородной станции) ежегодное водопотребление снизилось с 4,6 до 3 млн м³, а технической воды — в 1,7 раза. Ежегодное оборотное водообеспечение увеличилось с 1,8 до 2 млн м³. Это привело к соответственному снижению промышленных сбросов в поверхностные водоемы.

Но, несмотря на эти меры, лабораторные проверки взятых проб демонстрируют избыточное содержание в сточных водах загрязняющих веществ: ПБК — 6,1 ПДК; нефтепродуктов — 4; фосфаты — 13,7; азот аммонийный — 9,5; фенолы — 3; медь — 11; нитраты — 25 ПДК, что указывает на значительные антропогенные загрязнения водоемов области.

К числу наиболее крупных водохранилищ (млн м³) области относятся: Людиновское (30); Кировское Верхнее (7,8); Брынское (14); Милятинское (7,6); Слободское (3,7).

Всего в области разведано 47 месторождений пресных подземных вод, запасы которых достигают 987 000 м³/сут. Качество подземных вод отвечают требованиям действующего ГОСТ, за исключением повышенного содержания железа (большинство районов), фтора (северные районы области), а в Калуге — марганца (до 15 ПДК), свинца (до 3 ПДК), кадмия (до 4 ПДК).

На Калужской нефтебазе выявлено нефтяное загрязнение подземных вод в виде газов и капельножидком. На поверхности грунтовых вод образовалась линза нефтепродуктов мощностью до 5 см на площади до 1 га.

Неравномерное распределение населения по территории области привело к образованию двух обширных депрессионных воронок (в Калужском и Обнинском промрайонах) площадью до 220 км² со снижением в центре до 45 м.

При выборочном обследовании 30 родников Калуги в 15 из них обнаружено бактериологическое (коли-индекс до 2380) и нитратное (до 4 ПДК) загрязнение вод.

Радиологическими подразделениями Госсанэпиднадзора области постоянно ведется радиационно-гигиенический мониторинг территории от последствий Чернобыльской катастрофы. Только за июнь 1999 г. проведено 965 замеров радиационного фона, из них в пострадавших районах: Хвастовичском — 116, Жиздринском — 124, Ульяновском — 303 и в г. Калуга — 73. При этом максимальный радиационный фон (мкЗв/ч) составил в районах: Хвастовичском — 0,42, Жиздринском — 0,42, Ульяновском — 0,3. В остальных районах области уровень радиации не превышал фона (0,12—0,15 мкЗв/ч). Контроль продуктов питания (молоко, мясо, рыба, хлебобулочные, кондитерские, мукомольные) обеспечивает недопущение зараженных радионуклидами свыше нормы в торговую сеть. Долго действующим источником загрязнения продуктов питания человека и корма для скота радионуклидами является загрязненная почва. Только в июле выявлено 19 проб молока с превышением установленных норм (15 — в Хвастовичском, 4 — в Ульяновском районах). Всего в области зоны радиоактивного загрязнения занимают почти 178 тыс. га, что необходимо учитывать при сборе даров леса (грибы, ягоды).

Все вышеперечисленные нарушения сложившегося веками состояния окружающей природной среды накладывают свой отпечаток на здоровье людей. По данным Калужского областного центра Госсанэпиднадзора отмечается рост заболеваемости по классам: нервной системы, органов дыхания (на 78,7%), костно-мышечной и соединительной ткани (на 36,7%), инфекционные и паразитарные (более чем в два раза), эндокринной системы и обмена веществ (на 72,7%), мочеполовой системы (на 94,4%), крови и кровеносных органов (более чем в два раза). Уровень общей заболеваемости по обращаемости в 1995 г. составил 500,3 случаев на 1000 человек. Общая эпидемиологическая обстановка даже в Калу-

ге продолжает оставаться напряженной из-за роста заболеваемости дифтерией, туберкулезом, острыми кишечными инфекциями, вирусными гепатитами, паразитарными заболеваниями. Регулярные контрольные замеры, проводимые постами центра Госсанэпиднадзора, показывают, что до 24% проб воздуха рабочих зон фиксируют превышение ПДК по пыли или вредным веществам, до 53% — по шуму, до 55% — по вибрации, в 45% замеров — отклонение от нормы по микроклимату.

Анализ причин, приведших к профзаболеваниям (органов дыхания, заболевания кожи, опорно-двигательного аппарата), указывает на значительный приоритет химических факторов даже перед пылевыми. Особенно беспокоят условия труда, существующие в мукомольной промышленности, как не отвечающие санитарно-гигиеническим нормам. Не меньше степень опасности целого ряда других производств.

Рассмотрим один из конкретных источников загрязнения окружающей природной среды: АО «Калужский завод автоэлектрорудования» специализируется на выпуске регуляторов напряжения, электродвигателей стеклоочистителей, отопителей, электроподъемников стекол, электровентиляторов, датчиков и сигнализаторов систем электрооборудования автомобилей. Предприятие выбрасывает в атмосферу 72 наименования вредных веществ, из них 14 обладают эффектом суммирующего действия [19].

Атмосферные осадки с территории КЗАЭ (площадок, автодорог, крыш зданий) собираются по закрытой системе ливневой канализации и направляются на очистные сооружения ливневых стоков. Твердое покрытие площадок и дорог предохраняет грунтовые воды от загрязнений. Производственные стоки после станции нейтрализации и физико-механической очистки от маслошламовых составляющих, отстаивания и фильтрации сбрасываются на городские сооружения биологической очистки. Реагентная очистка концентрированных химических концентрированных стоков (кисло-щелочных, хромосодержащих) также обеспечивается на заводе. Все агрессивные стоки завода обезвреживаются на станции нейтрализации (с ежегодной мощностью 0,312 млн м³) реагентным методом, а осадки вывозятся в региональный центр гальваноэкологии.

Очистка сточных вод в системе промышленного водоснабжения осуществляется методом электрохимической очистки с доочисткой на ионообменных фильтрах, электрокоагуляционных установках или пенополиуретановых фильтрах дождевых стоков.

Термическое производство обеспечивает обработку инструментов, штампов, деталей для ряда цехов завода. При осуществлении этого процесса наблюдается выбрасывание в атмосферу вредных веществ:

- ♦ оксида углерода и углеводорода при сжигании синтина в процессе цементации;
- ♦ оксида углерода при нагревании деталей в окислительной атмосфере;
- ♦ сварочного аэрозоля и окислов меди при напайке пластин из твердых сплавов медными припоями на высокочастотной установке;
- ♦ аэрозолей солей (натрий хлористый, барий хлористый, калий хлористый, водород хлористый) при нагреве инструмента в их расплаве;
- ♦ аэрозолей масла при закалке инструментов и деталей в масле.

Для снижения вредных газообразных выбросов и пыли в печах применяют электронагрев (вместо использования природного газа), что сокращает выброс в атмосферу оксида углерода и окиси азота на 95%, а применение нагрева токами высокой частоты снижает выброс в атмосферу оксида углерода — на 90%.

При термообработке изделий для охлаждения оборудования, промывки изделий и инструмента, для охлаждения при закалке используется вода из замкнутой оборотной системы водоснабжения. Уменьшение загрязнения водоемов стоками обеспечивается:

- ♦ сбором отработанного после закалки деталей и инструмента масла и сдачей его на нефтебазу для переработки или использования в качестве топлива;
- ♦ применением при промывке изделий нитрат-содового раствора малой концентрации, что не допускает загрязнения органическими растворителями;
- ♦ нейтрализацией химических загрязнений.

Твердые отходы (металлические) перерабатываются или направляются на полигон ТБО города.

Механообрабатывающее и штамповочное производства характерны значительным пылеобразованием при обработке металлокерамических и пластмассовых деталей на станочном оборудовании. Особенно опасно загрязнение абразивно-металлической пылью. При промывке деталей наблюдается выделение вредных паров моющих растворов. Для снижения загрязнения атмосферы на металлорежу-

ших станках применяют СОЖ (смазочно-охлаждающие жидкости: водные растворы, эмульсии), моечные машины с конденсацией паров моющего раствора. Отработанные СОЖ, в составе которых имеется окалина, песок, вода, фильтровальная ткань, попадают на установку разложения, а отработанные масла из гидроприводов сдаются на регенерацию или сжигание в установке «Вихрь-1».

При обработке текстолита, стеклотекстолита, пластмасс на точильно-шлифовальных станках применяются индивидуальные вытяжные устройства, оборудованные системами очистки воздуха. Твердые отходы (металлические) перерабатываются, а неметаллические материалы (текстолит, стеклотекстолит, резина, шлам, обтирочные материалы) направляются на полигон ТБО города.

Сборочное производство способно выделить в атмосферу продукты пайки и лужения, подкраски отдельных мест изделия лаками и эмалями, нанесения клея (пары свинца и растворителей). Для удаления их из рабочей зоны рабочие места оборудованы системами местных вентиляционных отсосов. Для сокращения потребления воды используется обратное водоснабжение. Отходы изоляционных трубок и прокладок, эпоксидной смолы и клея, вспомогательных материалов (упаковочные, обтирочные), хозяйственный мусор (битое стекло и подобное) собираются и отправляются на полигон ТБО.

Производство микросхем, датчиков, микропроцессорных блоков сопровождается опасностью загрязнения окружающей среды продуктами пайки и лужения, их выводов свинцово-оловянными припоями (аэрозоли свинца, пары составляющих флюса). Удаление этих загрязнений из рабочей зоны производится установленной системой местных вентиляционных отсосов, оборудованных тканевыми фильтрами для улавливания аэрозолей свинца. Отходы медного провода сдаются в переработку.

Прессовое производство является источником аэрозолей масел и паров моющих растворов. Чтобы снизить выделение вредных веществ в атмосферу на КЗАЭ предусмотрено:

- ♦ оснащение прессового оборудования устройствами для отсоса масляных паров, что снижает загрязнение аэрозоля масел на 90%;
- ♦ применение моечных машин с конденсацией паров моющего раствора.

Для захоронения на полигон направляются: шлам от моечных машин и виброгалтовочных установок; неметаллические отходы и обтирочные материалы; производственный и хозяйственный мусор.

11.1. *Метизное производство* обеспечивает изготовление деталей холодной высадкой. Для снижения загрязнения атмосферы аэрозолями масел и парами моющих растворов:

- ♦ холодновысадочные автоматы оснащают устройствами для отсоса масляных паров (снижение выделений на 90%);
- ♦ применяются моечные машины с конденсацией паров моющего раствора.

Для захоронения на полигон направляются: шлам от моечных машин и галтовочных барабанов; неметаллические отходы и обтирочные материалы; производственный и хозяйственный мусор.

Производство пластмасс. В процессе переработки полимерных материалов происходит выделение вредных газообразных продуктов (аммиак, метиловый спирт, окиси углерода, органические кислоты, фенол, стирол). Локализация выделяющихся загрязнителей осуществляется местными отсосами, подключенными к системам вытяжной вентиляции.

При переработке термопластичных материалов накапливаются твердые отходы (слитки и куски полимеров, литники, обрезки, дефектные изделия), которые полностью перерабатываются на дробильном оборудовании и вновь используются как вторичное сырье в виде добавок. До 10% этих отходов являются безвозвратными и отправляются вместе с другими отходами (обтирочные материалы, мусор) на полигон.

Отработанные индустриальные масла из систем литевых машин направляются на регенерацию. Система водообеспечения — оборотная, загрязнения водоисточников при производстве пластмасс не происходит.

Технологические процессы *производства металлопокрытий* связаны с выделением вредных веществ (ангидрид хромовый, едкий натр, водород хлористый, кислота серная, аммиак, борная кислота, двуокись азота, кислота фосфорная, карбонат натрия) на участках хромирования, электрохимического обезжиривания, травления, цинкования, фосфатирования. Это производство является основным источником химического загрязнения стоков. Сточные воды из гальванического цеха поступают на станцию нейтрализации. Осадки очистных сооружений и гальванического производства после реагентной очистки вывозятся в региональный центр гальванэкологии. Отходы цинковых электродов отправляются после промывки в АО «Подъем», остальные отходы — на полигон ТБО города.

Ремонтно-инструментальное производство является поставщиком абразивной и металлической пыли, сварочных аэрозолей, оксидов азота, углеродов, фтористого водорода, аэрозолей краски, паров растворителей. На предприятии принимаются меры по сокращению вредных выбросов в окружающую среду: для улавливания абразивной пыли на заточных участках используются установки мокрой очистки отсасываемого воздуха со степенью очистки до 98% (установки типа «ЗИЛ», «Циклон»). Отправляются для захоронения на полигон шламы от шлифовальных и заточных станков, мусор (земля, опилки, упаковочные материалы).

Производство окраски и пропитки «обогащает» атмосферу сольвентом, ксилолом, уайт-спиртом, этиловым спиртом, этилцеллюлозой, ацетоном, аэрозолями краски, парами растворителей, эпихлоргидрином. На окрасочном и сушильно-пропиточном оборудовании используется местная и общеобменная вентиляция, так как концентрация вредных выбросов не превышает ПДК. Для улавливания паров растворителей часть камер оборудована гидрофильтрами. Отходы лакокрасочных материалов сдаются для сжигания в установке «Вихрь-1».

Деревообрабатывающее производство. Для улавливания древесной пыли на источниках ее выброса установлены «Циклоны» с обратным конусом Гидродревпрома. Опилки используются для уборки помещений, стружки и другие отходы реализуются населению или удаляются с территории завода.

Автохозяйство и карный участок являются источником загрязнения ОС окисью углерода, двуокисью азота, углеводородами, серной кислотой, нефтепродуктами. Отработанные нефтепродукты сдаются для регенерации на нефтебазу, а нерегенерируемые отходы — для сжигания на установке «Вихрь-1». Очистка стоков от нефтепродуктов осуществляется установкой нефтеловушек в гараже и на мойке машин. Твердые отходы (отработанные свинцовые аккумуляторы, автопокрышки, резиновые камеры колес) сдаются на переработку.

К особо охраняемым территориям Калужской области относятся:

- ♦ площадь, занимаемая отдельными памятниками природы, самая различная (от точечных до тысяч гектаров) — это отдельные родники, оз. Ломпадь, Галкинский лес, ландшафты рек Износковского и Медынского районов, лесной массив Барсуки — 34 600 га), число их по районам области не одинаково: в Дзержин-

ском районе 26 памятников, в г. Калуге — 22 памятника, в остальных районах — по 6–12 памятников;

♦ государственный заповедник «Калужские засеки» организован в полосе лесов Заокской черты (естественной оборонительной линией защиты древнего Московского государства от набегов кочевников) в 1992 г. на площади 18 533 га (Козельский и Ульяновский районы), из них под лесом 17 840 га; здесь имеются заповедные породы деревьев, почв, млекопитающих (35 видов), птиц (71 вид), пресмыкающихся (4 вида), 5 видов земноводных, 14 видов рыб, а 10 видов растений и 7 видов животных занесены в Красную Книгу природы России;

♦ национальный парк «Угра» образован в 1997 г. на площади 98 623 га и включает участки: Угорский, Жиздринский и Воротынский и ряд изолированных территорий

ПРАВОВЫЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ НОРМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Как показывает мировой опыт, охрана окружающей природной среды усилиями отдельных государств малоэффективна. Прекратить ее антропогенное загрязнение на глобальном уровне можно только при сотрудничестве большинства стран мира, особенно развитых. Передовые страны мира за последние годы заключили значительное количество международных соглашений, посвященных проблемам охраны окружающей природной среды, основные из которых даны ниже.

Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой 1963 г.

Договор о нераспространении ядерного оружия 1968 г.

Договор о запрещении на дне морей и океанов в его недрах ядерного оружия и других видов оружия массового уничтожения 1971 г.

Конвенция об оперативном оповещении о ядерной аварии и Конвенция о помощи в случае аварии или радиационной аварийной ситуации (приняты МАГАТЭ, открыты для подписания в 1986 г.).

Соглашение между правительством СССР и правительством Финляндской Республики об оперативном оповещении о ядерной аварии и об обмене информацией о ядерных установках 1986 г.

Конвенция об открытом море 1958 г., Конвенция о территориальном море и прилежащей зоне 1958 г., Конвенция о континентальном шельфе 1958 г.

Договор об Антарктиде 1959 г.

Брюссельская конвенция об ответственности операторов ядерных судов 1962 г.

Конвенция о гражданской ответственности в области морских перевозок ядерных материалов. Брюссель, 1971 г.

Конвенция по предупреждению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов 1972 г.

Международная конвенция об охране человеческой жизни на море.

Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. (МАРПОЛ 1973/78).

Конвенция о защите Средиземного моря от загрязнения 1976 г.

Кувейтская региональная конвенция о сотрудничестве в защите морской среды от загрязнения 1978 г.

Договор ООН по морскому праву 1982 г.

Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела 1967 г.

Соглашение о спасении космонавтов, возвращении космонавтов и объектов, запущенных в космическое пространство, 1968 г.

Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами, 1972 г.

Соглашение о деятельности государств на Луне и других небесных телах 1979 г.

Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду 1977 г.

Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения, 1973 г.

Конвенция об охране мигрирующих видов животных 1979 г.

Конвенция о биологическом разнообразии. Рио-де-Жанейро, 1992 г.

Конвенция ООН об изменении климата. Рио-де-Жанейро, 1992 г.

Программа ООН по окружающей среде. Декларация об установлении Нового международного экономического порядка 1974 г. и Хартия экономических прав и обязанностей государств 1974 г.

Международный пакт об экономических, социальных и культурных правах 1966 г., Международный пакт о гражданских и политических правах 1966 г.

Венская Конвенция о праве Международных договоров 1969 г.

Международное право стало не только регулятором в области защиты окружающей природной среды, но и должно стать гарантом достижения равновесия всего мироздания, гармонического сочетания интересов всех его компонентов.

Международное право — это комплексная система правовых принципов и норм, которая обеспечивает наличие определенных условий:

- специфический круг общественных отношений;
- нормы и принципы, регулирующие эти отношения;
- значимость указанных общественных отношений;
- заинтересованность общества в правовом регулировании новых общественных отношений в области охраны ОС.

Международное право регулирует отношения субъектов международного права в области охраны окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов на благо человечества. И эти две основные задачи человечество должно решить во имя спасения мироздания.

Международное право предусматривает деление международных правонарушений на международные преступления и международные деликты (решение Комиссии международного права ООН). К международным преступлениям Комиссия отнесла нарушение определенным государством обязательств, имеющих основополагающее значение для: обеспечения мира и безопасности; осуществления права народов на самоопределение, освобождение от колониализма; защиты человеческой личности (рабство, геноцид, апартеид); предотвращения массового загрязнения ОС (статья 19). Все эти положения нашли отражение в Уставе ООН, которые являются обязательными для всех государств, независимо от того, являются ли они членами ООН или нет. Проблема охраны ОС не нашла прямого отражения в Уставе ООН, но государства и народы четко осознают серьезные последствия некоторых видов человеческой деятельности, которая ставит под вопрос не только здоровье людей, но и возможность выживания современного и будущих поколений.

Комиссия международного права ООН определила, что в этих условиях нормы общего международного права, относящиеся к охране ОС и ответственности государства, могут иметь только императивный (повелительный) характер и может рассматриваться в определенных условиях как международное преступление.

Негативно воздействующие на ОС методы военных действий в международно-правовой доктрине получили название экоцида, а те же действия, приводящие к массовым загрязнениям морской среды — марецида. Но марецида может оказаться значительно опаснее экоцида, так как морская среда существенно расширяет границы такого преступления.

Конституция Российской Федерации констатирует, что «каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением» (статья 42). Но она же вменяет гражданам России «обязанность сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам» (статья 58).

Система охраны ОС включает методы и рычаги воздействия: законодательные, информационные (мониторинг, картографирование, ведение, ГИС и кадастров), административные (ОВОС, экологическая экспертиза и аудит, лицензирование и сертификация), экономические санкции и стимулы, включая экологическое страхование. Комплексное применение этих методов и рычагов совместно с экологическим образованием составляет основу эколого-ориентированной социально-экономической политики государства. Вопросы экологического контроля решают ниже перечисленные федеральные органы исполнительной власти.

1. Министерство природных ресурсов Российской Федерации;
2. Министерство здравоохранения Российской Федерации;
3. Министерство строительства Российской Федерации;
4. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий ЧС;
5. Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды;
6. Государственный комитет Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству;
7. Государственный комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации;
8. Федеральная служба лесного хозяйства России;
9. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
10. Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности;

11. Федеральный горный и промышленный надзор России.
12. Департамент по охране и рациональному использованию охотничьих ресурсов Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ.
13. Департамент ветеринарии Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ.

Неизбежность природоохранных ограничений предпринимательской деятельности и регулирующей роли государства в природопользовании и охране окружающей среды все чаще рассматривается как единственно реальный путь выхода из прогрессирующего экологического кризиса (табл. 12.1). Управление охраной природных ресурсов и среды обитания реализуется на основе использования административных и экономических мер государственного природоохранного регулирования.

Основными задачами мониторинга являются: контроль качества объектов ОС, выявление основных источников загрязнения, динамики его развития, прогнозирование ситуации. Это позволяет

Таблица 12.1

Основные методы регулирования природопользования и охраны окружающей среды

Информационные	Предупредительные			Принудительные	
	административные		экономические	экономические	
	правовые	контрольные	стимулы	меры пресечения	ответственность
Мониторинг ОС Исследования Образование Просвещение Антиреклама Пропаганда Прогнозирование	Норма права Стандарты Разрешения Эко-экспертиза Планирование	Проверка деятельности Сертификация Лицензирование Аудирование Инвентаризация	Субсидии Дотации Льготные займы Ускоренная амортизация Кредиты	Платежи Налоги Штрафы Облигации Смешанные	Запреты работ Ограничения деятельности Арест Отстранение Изъятия

органам управления иметь информацию, необходимую для выполнения своих функций в области охраны ОС:

- ♦ планирование мероприятий по снижению загрязнения ОС и рациональному использованию природных ресурсов, выделение приоритетных сфер деятельности, контроля и оценки эффективности осуществления природоохранных мер;
- ♦ разработка временных мер по сокращению опасного воздействия на природную среду и здоровье людей;
- ♦ проверка соблюдения норм и правил (стандартов) качества природных и антропогенных объектов;
- ♦ введение соответствующих законодательных и подзаконных актов, руководящих нормативно-правовых документов;
- ♦ получение новых данных для проведения научных исследований.

К предупредительным мерам относятся:

- ♦ установление стандартов, определяющих и регулирующих уровни загрязнения ОС, лимитов использования природных ресурсов;
- ♦ принятие норм предельно допустимого воздействия и антропогенной нагрузки на ОС;
- ♦ использование требований государственной экологической экспертизы как средства предупредительного контроля за разработкой и осуществлением разного рода проектов и выявления негативных последствий реализации этих проектов для ОС и здоровья людей;
- ♦ обязательное получение государственного разрешения на строительство новых и модернизацию действующих объектов природопользования, служащих источниками загрязнения ОС;
- ♦ различные методы экономического стимулирования (поощрение или принуждения) охраны ОС и рационального природопользования (дотации и субсидии, льготные займы и кредиты, налоговые и другие льготы, система экологического страхования и компенсационных фондов, продажа прав на загрязнение).

К принудительным мерам наказания за нарушения природоохранного законодательства относятся запреты и меры юридической ответственности, штрафы и компенсационные выплаты за нанесенный ущерб.

Решение проблем охраны ОС и рационального использования природных ресурсов, взаимоотношения человека и природы мо-

жет быть осуществлено на основе реальной системы законоположений, инструкций и правил. Развитие эколого-правовых норм — процесс непрерывный и неизбежный, так как прогресс в развитии общества остановить невозможно. В систему правовой охраны природы входят четыре группы юридических мероприятий:

- ♦ правовое регулирование отношений по использованию, сохранению и возобновлению природных ресурсов;
- ♦ организация воспитания и обучения кадров, финансирование и материально-техническое обеспечение природоохранительных действий;
- ♦ государственный и общественный контроль за выполнением требований охраны природы;
- ♦ юридическая ответственность правонарушителей.

В соответствии с экологическим законодательством объектом правовой охраны выступает природная среда — объективная, существующая вне человека и независимо от его сознания реальность, служащая местом обитания, условием и средством его существования. Совокупность природоохранных норм и правовых актов, объединенных общностью объекта, предметов, принципов и целей правовой охраны образует природоохранное (экологическое) законодательство.

Источником экологического права признаются нормативно-правовые акты, в которых содержатся правовые нормы, регулирующие экологические отношения: законы, указы, постановления и распоряжения, нормативные акты министерств и ведомств; законы и нормативно-правовые акты субъектов федерации; международно-правовые акты, регулирующие внутренние экологические отношения на основе примата международного права.

Система экологического законодательства, руководствующаяся идеями основополагающих конституционных актов, включает две подсистемы:

- ♦ природоохранительное законодательство (представлено законом РФ «Об охране ОС»);
- ♦ природоресурсное законодательство (Закон РФ о недрах, Земельный кодекс РСФСР, Основы лесного законодательства РФ, Водный кодекс РСФСР, закон РСФСР об охране и использовании животного мира).

Конституцией РФ определены организационно-правовые взаимоотношения Федерации и любого субъекта Федерации (статья 72):

пользование, владение и распоряжение землей, недрами, водными и другими природными ресурсами; природопользование, охрана ОС и обеспечение экологической безопасности являются совместной компетенцией Федерации и ее субъекта.

В соответствии с концепцией национальной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ (№ 1300 от 17.12.97 г.), экологическая безопасность (ЭБ) является неотъемлемой составляющей национальной безопасности страны, необходимым условием ее перехода на модель устойчивого развития.

Экологическая безопасность города — это такое состояние, которое позволяет при наличии различных внешних и внутренних угроз, действия множества дестабилизирующих факторов социального, техногенного и природного характера поддерживать нормальное функционирование окружающей природной среды (ОС), устраняя и компенсируя нарушения естественных биосферных процессов.

К социально-политическим угрозам внешнего характера относятся: зависимость поступления энергоносителей и сырья от политической и социальной нестабильности в регионах их добычи или складирования; национальные и региональные конфликты, сопровождающиеся военными действиями вблизи техногенных объектов, особенно ядерной энергетики, а также работающих с нефтью, газом; диверсии против них; дискриминационные меры торговых партнеров. Внутренними социально-политическими угрозами являются: социальная напряженность (забастовки, общественные движения различной направленности, особенно радикальные), противоправные вторжения федеральных органов власти в прерогативы регионального и местного управления, в расходование средств экологических фондов.

Экономические угрозы безопасности города вытекают из хронических неплатежей, дефицита инвестиционных ресурсов, что влечет срыв вводов новых природоохранных объектов, низкие темпы реконструкции и технического перевооружения природоохранного оборудования. Физическое и моральное старение действующих систем очистки выбросов и сбросов на предприятиях значительно обостряет экологические проблемы.

Угрозы техногенного характера могут исходить от всех отраслей хозяйственной деятельности: энергетики, промышленности и транспорта (в том числе продуктопроводов). Быстро нарастает удельный вес морально устаревшего и физически изношенного оборудования; низкий уровень его технического обслуживания; уход

квалифицированного персонала в другие сферы деятельности, создание пустот в местах добычи нефти, газа и угля и многие другие факторы усугубляют положение.

Природными угрозами ЭБ остаются стихийные бедствия, характерные для данного региона (землетрясения, ураганы, смерчи, наводнения, сели, обледенения, снегопады и другие), аномальные проявления природных процессов (суровые зимы, засушливые периоды, продолжительные и проливные дожди, падение крупных космических тел и т.п.).

Для предотвращения, уменьшения или нейтрализации реальных и потенциальных угроз можно выделить четыре основных направления обеспечения ЭБ, ориентированных на реализацию комплекса мер, охватывающего различные сферы деятельности:

- ♦ государственное регулирование взаимодействия общества, техники и природы с целью сохранения окружающей природной среды и здоровья человека; нормативно-законодательное, которое почти всегда отстает от требований времени; стимулирование развития экологических производств предоставлением разного рода льгот; всесторонний и объективный мониторинг состояния ОС, т.е. приборное наблюдение в максимально возможном количестве точек, анализ, прогноз, создание банка экологической информации;
- ♦ рыночное регулирование, направленное на обеспечение ЭБ города, может осуществляться через процессы ценообразования на готовую продукцию и формирование налогов с учетом экологических затрат и, если цена готового продукта окажется несоизмеримо велика, то должна быть предусмотрена дотация на его производство (пути решения этой проблемы: создание рынка по продаже права на токсичные выбросы и сбросы; экологическое страхование, обеспечение финансовых преимуществ экологических инвестиций; развитие экологического бизнеса: производство оборудования, оказание услуг в сфере экологической защиты и менеджмента);
- ♦ структурное преобразование производства рассредоточением его составляющих по территории города или вывод его в загородную зону, что снизит также и нагрузку на городской пассажирский транспорт; развитие санитарно-защитных зон, расширение лесных массивов, зеленых насаждений и водоемов;
- ♦ экологическое воспитание и образование, которое должно стать непрерывным в течение всей жизни и начинаться с дошкольного периода, вузовское экологическое образование должно

учитывать особенности специальности, должно получить развитие и послевузовское экологическое образование.

Появилось понятие экологическое мышление. Но разрушение природы человеком продолжается и становится все интенсивней. И все это оправдывается объективными причинами: нехваткой денежных и материальных средств на выполнение мероприятий по обеспечению требований экологии (строительство современных очистных сооружений, внедрение современных природоохранных технологий); ресурсов; отсутствием проектов, прошедших эффективную экспертизу. Чтобы затормозить стремительный процесс разрушения окружающей природной среды, необходимо обеспечить проведение жесточайшего экологического контроля, четкую независимую и всестороннюю экспертизу, внедрение современных безопасных природоохранных технологий. Необходимо смело вводить соответствующие системы экологического образования наиболее широкого круга чиновников, контролировать расстановку обученных кадров и обеспечить просвещение населения в вопросах грамотного природопользования.

Экологическое законодательство является основой правового регулирования природопользования и охраны ОС. Экологическое нормирование и стандартизация призваны определить научно обоснованные пределы использования природных ресурсов и загрязнения ОС исходя из долгосрочных интересов общества в сохранении веками сложившихся характеристик природы.

Нормирование качества ОС (Закон РФ «Об охране окружающей природной среды», раздел IV) определяется как деятельность уполномоченных на это государственных органов по установлению экологических нормативов в соответствии с требованиями природоохранительного законодательства. При этом: норматив — это предельно допустимый показатель воздействия человека на ОС; норма — это мера воздействия на окружающую природную среду, а под воздействием понимается антропогенная деятельность, вносящая физические, химические, биологические изменения в ОС, содержащие угрозы причинения вреда жизни и здоровью человека, состоянию растительного и животного мира, экологическим системам.

Нормативы качества ОС подразделяются на группы:

♦ санитарно-гигиенические — это нормативы ПДК вредных веществ, ПДУ радиационного воздействия, определяющие показатели качества ОС применительно к здоровью человека;

- ♦ производственно-хозяйственные нормативы выбросов вредных веществ (ПДВ, ПДС); технологические, строительные, инженерно-технические правила, экологические требования, устанавливающие требования к источнику вредного воздействия, чтобы ограничить его негативное воздействие пороговой величиной;
- ♦ комплексные нормативы сочетают требования обоих предыдущих групп и определяют предельно допустимую нагрузку (ПДН) на ОС (отраслевые — для отдельных видов природных ресурсов, региональные — для природных комплексов), нормы санитарных и защитных зон.

Нормативы ПДУ радиационного или электромагнитного воздействия на ОС устанавливаются органами Санэпиднадзора. К иным физическим воздействиям относятся шумовое, тепловое, вибрационное и многие другие. Устанавливаются и нормы расходов ядохимикатов, особенно в сельскохозяйственном производстве, нормирование предельно допустимых остаточных количеств вредных веществ в продуктах питания.

Положением о государственной регистрации потенциально опасных химических и биологических веществ установлена необходимость регистрации всех таких веществ природного и искусственного происхождения.

Стандартизация определяется требованиями закона РФ «О стандартизации» как деятельность по установлению норм, правил и характеристик (требований) в целях обеспечения:

- ♦ безопасности продукции, услуг и выполняемых работ для ОС, жизни и здоровья людей, сохранности имущества;
- ♦ безопасности хозяйственных объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций любого вида.

Закон делит стандарты на государственные, международные (региональные), правила, нормы и рекомендации; стандарты отраслей экономики и стандарты предприятий.

Проверка и контроль соблюдения требований стандартов осуществляется Госстандартом через системы Госнадзора и сертификации. Правовые основы обязательной и добровольной сертификации определены законом РФ «О сертификации продукции и услуг».

В системе экологической сертификации проводится:

- ♦ добровольная сертификация объектов ОС, природных ресурсов, отходов производства и потребления, технологических про-

цессов, товаров (работ, услуг), предназначенных для обеспечения экологической безопасности и предупреждения вреда ОС;
♦ обязательная сертификация экологической безопасности производств, использующих экологически вредные технологии.

Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» (1991 г.) является определяющим, т.е. в вопросах охраны ОС нормы других актов не должны ему противоречить. Он заполнил пробел российского экологического законодательства и определил пути разрешения противоречий, возникших между экологией и экономикой:

1. Данный закон является главным законодательным актом, предметом регулирования которого служат природоохранные отношения, решающие задачи: сохранение природной среды; предупреждение и устранение вредного влияния от деятельности человека; оздоровление (улучшение качества) ОС.

2. Закон обеспечивает научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов с приоритетом охраны здоровья и естественных прав человека на здоровую и чистую ОС с установлением предельно допустимых норм воздействия хозяйственной деятельности на природную среду, превышение которых фиксируется как экологическое правонарушение.

3. В отличие от отраслевых законов (например, основ земельного законодательства) этот закон формулирует требования, обращенные к источникам вредного воздействия на ОС, т.е. к любым объектам экономики (ОЭ), оказывающим это воздействие.

4. Центральными темами закона являются человек, охрана его жизни, здоровья от неблагоприятного воздействия ОС, но он же рассматривается как субъект воздействия на природную среду, несущий ответственность за причиненный вред с обязанностью его возмещать.

5. Нормы закона закрепляют механизм его использования, состоящий из экономического стимулирования хозяйственника в охране ОС и мер административно-правового воздействия за нарушение правовых предписаний.

Закон определяет обязательность государственной экологической экспертизы и контроля, полномочия их органов, меры воздействия при нарушениях, определяет, что «природа и ее богатства являются национальным достоянием народов России, естественной основой их устойчивого социально-экономического

развития и благосостояния человека». Закон ставит своей задачей в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия способствовать формированию и укреплению экологического правопорядка, обеспечению экологической безопасности на территории России. Закон состоит из 15 разделов (94 статей).

В раздел I «Общие положения» входят статьи:

1. Задачи природоохранительного законодательства РФ.
2. Система природоохранительного законодательства РФ.
3. Основные принципы охраны ОС.
4. Объекты охраны ОС.

Статьи 5–10 определяют компетенции звеньев федеральной, республиканской и местной органов власти, а также специальных уполномоченных от органов власти в области охраны ОС.

Раздел II. Право граждан на здоровую и благоприятную ОС

11. Право граждан на охрану здоровья от неблагоприятного воздействия ОС.
12. Полномочия граждан в области охраны ОС.
13. Полномочия общественных экологических объединений в области охраны ОС.
14. Государственные гарантии экологических прав граждан и общественных объединений.

Раздел III. Экономический механизм охраны ОС

15. Задачи экономического механизма охраны ОС.
16. Учет и социально-экономическая оценка природных ресурсов.
17. Планирование, финансирование и материально-техническое обеспечение экологических программ и мероприятий по охране ОС.
18. Договор и лицензия на комплексное природопользование.
19. Лимиты на природопользование.
20. Платность использования природных ресурсов.
21. Экологические фонды.
22. Общественные фонды охраны ОС.
23. Экологическое страхование.
24. Экономическое стимулирование охраны ОС.

Раздел IV. Нормирование качества ОС

25. Основные требования к нормированию качества ОС.

26. Нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ.

27. Нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ.

28. Нормативы предельно допустимых уровней шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий.

29. Нормативы предельно допустимого уровня радиационного воздействия.

30. Предельно допустимые нормы применения агрохимикатов в сельском хозяйстве.

31. Нормативы предельно допустимых остаточных количеств химических веществ в продуктах питания.

32. Экологические требования к продукции.

33. Предельно допустимые нормы нагрузки на ОС.

34. Нормативы санитарных и защитных зон.

Раздел V. Государственная экологическая экспертиза

35. Цели и принципы государственной экологической экспертизы.

36. Обязательность государственной экологической экспертизы.

37. Объекты государственной экологической экспертизы.

38. Ответственность за невыполнение требований государственной экологической экспертизы и ответственность экспертов.

39. Общественная экологическая экспертиза.

Раздел VI. Экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и иных объектов

40. Общие экологические требования при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и иных объектов.

41. Экологические требования при размещении предприятий, сооружений и иных объектов.

42. Экологические требования к технико-экономическому обоснованию проекта и проектированию предприятий, сооружений и иных объектов.

43. Экологические требования к строительству, реконструкции предприятий, сооружений и иных объектов.

44. Экологические требования при вводе в эксплуатацию предприятий, сооружений и иных объектов.

Раздел VII. Экологические требования при эксплуатации предприятий, сооружений и иных объектов

45. Общие экологические требования при эксплуатации предприятий, сооружений и иных объектов.
46. Экологические требования в сельском хозяйстве.
47. Экологические требования при планировании, проектировании, выполнении мелиоративных работ.
48. Экологические требования к энергетическим объектам.
49. Экологические требования при проектировании, строительстве, реконструкции городов и других населенных пунктов.
50. Экологические требования при использовании радиоактивных материалов.
51. Экологические требования при использовании химических веществ.
52. Охрана ОС от вредного биологического воздействия.
53. Охрана ОС от шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических последствий.
54. Охрана ОС от производственных и бытовых отходов.
55. Экологические требования к военным и оборонным объектам, военной деятельности.
56. Охрана озонового слоя Земли.
57. Разработка и реализация проектов, существенно влияющих на окружающую природную среду.

Раздел VIII. Чрезвычайные экологические ситуации

58. Зоны чрезвычайной экологической ситуации.
59. Зоны экологического бедствия.

Раздел IX. Особо охраняемые природные территории и объекты

60. Природно-заповедный фонд РФ.
61. Государственные природные заповедники.
62. Государственные природные заказники.
63. Национальные природные парки.
64. Памятники природы.
65. Охрана редких и находящихся под угрозой исчезновения растений и животных.
66. Охрана природы лечебно-оздоровительных и курортных зон.
67. Охрана зеленых зон.

Раздел X. Экологический контроль

68. Задачи экологического контроля.

69. Государственная служба наблюдения за состоянием окружающей природной среды.

70. Государственный экологический контроль.

71. Производственный экологический контроль.

72. Общественный экологический контроль.

Раздел XI. Экологическое воспитание, образование, научные исследования

73. Всеобщность, комплексность и непрерывность экологического воспитания и образования.

74. Обязательность преподавания экологических знаний в учебных заведениях.

75. Профессиональная экологическая подготовка руководящих работников и специалистов.

76. Распространение экологических знаний.

77. Научные экологические исследования.

Раздел XII. Разрешение споров в области охраны ОС

78. Разрешение споров в области охраны ОС между предприятиями, учреждениями, организациями и гражданами.

79. Разрешение споров в области охраны ОС между предприятиями, учреждениями, организациями расположенными на территориях республик в составе РФ, краев, областей, автономной области, автономных округов.

80. Разрешение споров в области охраны ОС между предприятиями, учреждениями, организациями, расположенными на территориях РФ и других суверенных государств.

Раздел XIII. Ответственность за экологические правонарушения

81. Виды ответственности за экологические правонарушения.

82. Дисциплинарная ответственность за экологические проступки.

83. Материальная ответственность должностных лиц и иных работников, виновных в причинении вреда экологическим правонарушением.

84. Административная ответственность за экологические правонарушения.

85. Уголовная ответственность за экологические преступления.

Раздел XIV. Возмещение вреда, причиненного экологическим правонарушением

86. Обязанность полного возмещения вреда, причиненного экологическим правонарушением.

87. Порядок возмещения вреда, причиненного экологическим правонарушением.

88. Возмещение вреда, причиненного источником повышенной опасности для ОС.

89. Возмещение ущерба, причиненного здоровью граждан неблагоприятным воздействием ОС.

90. Возмещение вреда, причиненного имуществу граждан.

91. Исковые требования о прекращении экологически вредной деятельности.

Раздел XV. Международное сотрудничество в области охраны ОС

92. Принципы международного сотрудничества в области охраны ОС.

93. Международные договоры в области охраны ОС

94. Обязанности иностранных юридических лиц и граждан, лиц без гражданства по соблюдению природоохранительного законодательства РФ и республик в составе РФ.

Охрана здоровья и обеспечение благополучия человека — конечная цель охраны ОС. Поэтому в законодательных актах по охране здоровья человека экологические требования занимают ведущее место. Основопологающим в этом вопросе является Закон РСФСР о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения (1991 г.). Он регулирует санитарные отношения, связанные с охраной здоровья от неблагоприятных воздействий внешней среды (производственных, бытовых, природных). Экологические требования, изложенные в статьях закона, одновременно являются и источниками экологического права (например, статья 18 — о захоронении, переработке, обезвреживании и утилизации производственных и бытовых отходов).

Источником административного права являются Основы законодательства РФ об охране здоровья (1993 г.), которые регулируют не только административные, но и экологические отношения (статья 28 — о праве граждан на охрану здоровья в экологически неблагоприятных районах).

Обеспечение экологического права осуществляется через акты природоресурсного законодательства России: земельный кодекс РСФСР (1991 г.), констатирующий отмену исключительности государственной собственности на землю, природные ресурсы и провозглашающий приоритет частной собственности на землю с правом продажи, наследования, залога, аренды.

Земельный кодекс делит все нормы на четыре группы:

- ♦ нормы, регулирующие земельно-гражданские отношения;
- ♦ земельно-административные нормы, определяющие управленческие отношения в области использования, распределения и перераспределения земель, их учета по качеству и количеству;
- ♦ земельные отношения, связанные с использованием земель и выполнением прав и обязанностей, установленных для землепользователей;
- ♦ земельно-экологические нормы, регламентирующие охрану земель и защиту ОС от вредного воздействия, т.е. это источник экологического права.

Правовые нормы (административные и эколого-правовые) по охране природы и национальному природопользованию содержатся в Основах лесного законодательства, Водном кодексе, Законе об охране и использовании животного мира.

На основании и во исполнение Конституции РФ, федеральных законов, нормативных указов Президента РФ правительство РФ издает постановления и распоряжения, которые являются нормативно-правовыми актами. Постановления правительства можно разбить на группы:

- ♦ принимаемые во исполнение закона для конкретизации отдельных положений (например, постановление правительства РФ об утверждении Положения о государственной экологической экспертизе, 1993 г.);
- ♦ предназначены для определения компетенции органов управления и контроля (например, постановление правительства РФ об утверждении положения о министерстве охраны ОС и природных ресурсов, 1993 г.);
- ♦ включает нормативно-правовые акты дальнейшего правового регулирования экологических отношений (постановление правительства о создании РСЧС, 1993 г.)

Природоохранные министерства и ведомства имеют право издавать нормативные акты в рамках своей компетенции, обязательные к исполнению другими министерствами и ведомствами, физическими и юридическими лицами.

Источниками права являются также нормативные правила (санитарные, строительные, технико-экономические, технологические), юридическая обязанность исполнения которых установлена

Законом об ОС (статьи 25, 27). Нормативные акты субъектов федерации и ведомственные нормативные акты могут быть отменены правительством РФ, если они противоречат законодательству.

Порядок отнесения природных ресурсов к федеральным или иным определяется указом Президента РФ о федеральных ресурсах. Экономический механизм природопользования представлен на рис. 12.1.

Примером экологизации (включение экологических требований в нормативно-правовые акты неэкологического содержания) является закон РФ о защите прав потребителя, который дает право потребителю требовать, чтобы товар был безопасным для жизни и здоровья, для ОС. Органы управления приостанавливают реализацию таких товаров, не пренебрегая и применением экологического механизма природопользования.

Организация Объединенных Наций в декларации Конференции по окружающей среде и развитию (1992 г.) юридически закрепила основные принципы правового подхода к охране природы:

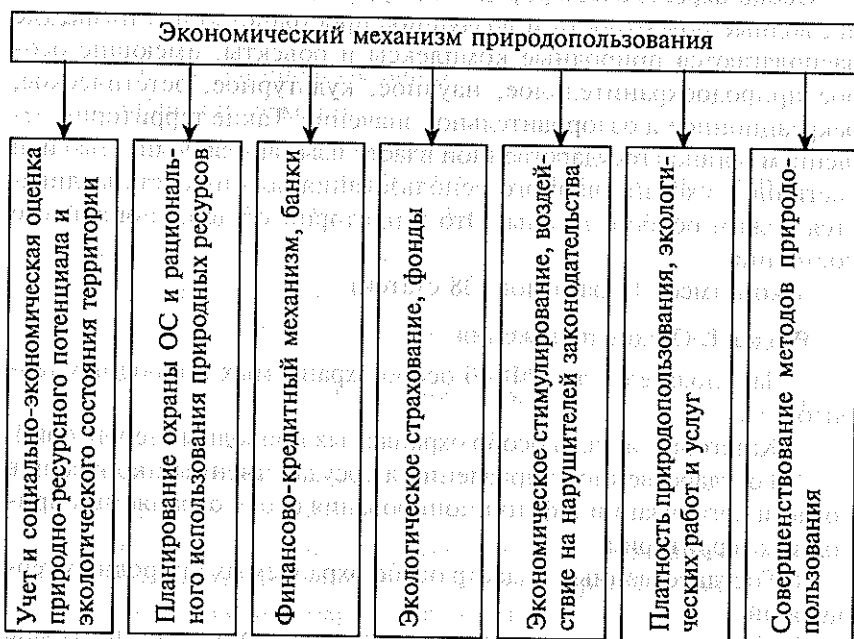


Рис. 12.1. Экономический механизм природопользования.

1) государствам следует ввести эффективное законодательство в области охраны ОС, нормы которого должны отражать реальную ситуацию в областях охраны ОС и ее развития;

2) государство должно разработать национальное законодательство, касающееся ответственности за загрязнение ОС, нанесение другого экологического ущерба и компенсации тем, кто пострадал от этого.

Важное место в сохранении жизни на земле занимает Закон РФ «Об особо охраняемых природных территориях» (1995 г.). Он регулирует отношения в области организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов, достопримечательных природных образований, объектов растительного и животного мира, их генетического фонда, изучения естественных процессов в биосфере и контроля за изменением ее состояния, экологического воспитания населения.

Особо охраняемые природные территории — это участки земли, водные поверхности и воздушное пространство над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранительное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение. Такие территории решением органов государственной власти изымаются полностью или частично из хозяйственного использования, для них устанавливается режим особой охраны. Это территории общенационального достояния.

Закон имеет 12 разделов (38 статей).

Раздел I. Общие положения

1. Законодательство РФ об особо охраняемых природных территориях.

2. Категории и виды особо охраняемых природных территорий.

3. Государственное управление и государственный контроль в области организации и функционирования особо охраняемых природных территорий.

4. Государственный кадастр особо охраняемых природных территорий.

5. Участие граждан и юридических лиц в организации, охране и функционировании особо охраняемых природных территорий.

Раздел II. Государственные природные заповедники

6. Общие положения.
7. Задачи государственных природных заповедников.
8. Порядок образования государственных природных заповедников.
9. Режим особой охраны территорий государственных природных заповедников.
10. Государственные природные биосферные заповедники.
11. Особенности правового положения государственных природных заповедников.

Раздел III. Национальные парки

12. Общие положения.
13. Основные задачи национальных парков.
14. Порядок образования национальных парков.
15. Режим особой охраны территорий национальных парков.
16. Особенности правового положения национальных парков.
17. Организация обслуживания посетителей национальных парков.

Раздел IV. Природные парки

18. Общие положения.
19. Порядок образования природных парков.
20. Особенности правового положения природных парков.
21. Режим особой охраны территорий природных парков.

Раздел V. Государственные природные заказники

22. Общие положения.
23. Порядок образования государственных природных заказников.
24. Режим особой охраны территорий государственных природных заказников.

Раздел VI. Памятники природы

25. Общие положения.
26. Порядок признания территорий, занятых памятником природы, особо охраняемыми природными территориями.
27. Режим особой охраны территорий памятников природы.

Раздел VII. Дендрологические парки и ботанические сады

28. Общие положения.

29. Режим особой охраны территорий дендрологических парков и ботанических садов.

30. Финансирование дендрологических парков и ботанических садов.

Раздел VIII. Лечебно-оздоровительные местности и курорты

31. Общие положения.

32. Режим особой охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов.

Раздел IX. Организация охраны охраняемых природных территорий

33. Охрана природных комплексов и объектов на территориях государственных природных заповедников и национальных парков.

34. Права государственных инспекторов по охране территорий государственных природных заповедников и национальных парков.

35. Охрана территорий, природных парков, государственных природных заказников и других особо охраняемых природных территорий регионального и местного значения.

Раздел X. Ответственность за нарушение режима особо охраняемых природных территорий

36. Ответственность за нарушение режима особо охраняемых природных территорий.

Раздел XI. Международные договоры в области особо охраняемых природных территорий

37. Международные договоры.

Раздел XII. Заключительные положения

38. Заключительные положения.

Принципы проведения экологической экспертизы: широкая гласность, обязательность, участие общественности. Уполномоченным органом в решении этого вопроса является Российский государственный комитет по охране окружающей среды и его территориальные органы. Во исполнение Закона РФ «Об охране окружающей природной среды» государственной экологической экспертизе подлежат все материалы по объектам и мероприятиям, намеченным к реализации независимо от их сметной стоимости и принадлежности. Полный перечень объектов, подлежащих госу-

дарственной экологической экспертизе, дан в Законе Российской Федерации от 23 ноября 1995 г. «Об экологической экспертизе» и «Положении о порядке проведения государственной экологической экспертизы», утвержденном Постановлением правительства Российской Федерации 11 июня 1996 г. (№ 698). Эти документы предусматривают ответственность за нарушение законодательства по вопросам обеспечения гарантий прав субъектов федерации и граждан на качественную природную среду, особенно в вопросах фальсификации заключения и сокрытие сведений о своей заинтересованности в результатах экспертизы. Цель экологической экспертизы — провести оценку влияния использования природного ресурса или его отходов на состояние ОС или других природных ресурсов. Она является предупредительной мерой, позволяющей предотвратить вредоносную деятельность со стороны пользователя природных ресурсов. Суть ее — предварительная проверка соответствия хозяйственных решений, деятельности и ее результатов требованиям охраны ОС, рационального природопользования и требованиям экологической безопасности. Но не всякая предварительная проверка может считаться экологической экспертизой. Она должна выполняться специальной комиссией, назначенной уполномоченным на это органом. Государственная экологическая экспертиза от Минприроды и ее выводы имеют силу надведомственного документа, обязательного к исполнению. Ведомственная экологическая экспертиза может проводиться по приказу соответствующего ведомства, и ее результаты имеют силу внутри соответствующей ведомственной структуры, если они не противоречат выводам государственной экологической экспертизы. Общественная экологическая экспертиза организуется по инициативе общественных объединений и проводится государственными структурами (ее выводы имеют форму рекомендаций). Научная экологическая экспертиза проводится по инициативе научных учреждений или вузов, отдельных ученых или научных коллективов (ее выводы носят информационный характер).

Экологическая экспертиза включает сбор информации, ее обобщение, рассмотрение материалов на комиссии и их оценку, составление заключения. Она должна строиться на обязательности, научной обоснованности, независимости и вне ведомственности при широкой гласности и участии общественности.

Особым объектом экологической экспертизы является человек, его жизнь и здоровье во взаимосвязи с окружающей природной средой. Такая экспертиза называется эколого-санитарной, задачей которой является: установить причинную связь между со-

стоянием здоровья человека, его изменениям и вредным воздействием ОС. Задачей эколого-нормативной экспертизы является исследование соответствия требованиям экологической безопасности нормативов качеств ОС, предельно допустимых концентраций выбросов, сбросов, уровней радиации, вибраций, шума, электромагнитных полей. Объектами эколого-правовой экспертизы являются законы, указы, постановления, распоряжения, нормативные акты министерств, ведомств и субъектов федерации.

Закон Российской Федерации «Об экологической экспертизе» регулирует отношения в области экологической экспертизы и состоит из 10 глав (38 статей).

Глава I. Общие положения

1. Общие положения.

2. Законодательство РФ об экологической экспертизе.

3. Принципы экологической экспертизы.

4. Виды экологической экспертизы.

Глава II. Полномочия Президента РФ, органов государственной власти и органов местного самоуправления (статьи 5–9)

Глава III. Государственная экологическая экспертиза

10. Государственная экологическая экспертиза.

11. Объекты государственной экологической экспертизы федерального уровня.

12. Объекты государственной экологической экспертизы уровня субъекта РФ.

13. Специально уполномоченные государственные органы в области экологической экспертизы.

14. Порядок проведения государственной экологической экспертизы.

15. Экспертная комиссия государственной экологической экспертизы.

16. Эксперт государственной экологической экспертизы.

17. Руководитель экспертной комиссии государственной экологической экспертизы.

18. Заключение государственной экологической экспертизы

Глава IV. Права граждан и общественных организаций (объединений) в области экологической экспертизы. Общественная экологическая экспертиза

19. Права граждан и общественных организаций (объединений) в области экологической экспертизы.

20. Общественная экологическая экспертиза.
21. Объекты общественной экологической экспертизы.
22. Проведение общественной экологической экспертизы.
23. Условия проведения общественной экологической экспертизы.
24. Отказ в государственной регистрации заявления о проведении общественной экологической экспертизы.
25. Заключение общественной экологической экспертизы.

Глава V. Права и обязанности заказчиков документации, подлежащей экологической экспертизе

26. Права заказчиков документации, подлежащей экологической экспертизе.
27. Обязанности заказчиков документации, подлежащей экологической экспертизе.

Глава VI. Финансирование экологической экспертизы

28. Финансирование государственной экологической экспертизы.
29. Финансирование общественной экологической экспертизы.

Глава VII. Ответственность за нарушение законодательства РФ об экологической экспертизе

30. Виды нарушений законодательства РФ об экологической экспертизе.
31. Уголовная ответственность.
32. Административная ответственность.
33. Материальная ответственность.
34. Гражданско-правовая ответственность.

Глава VIII. Разрешение споров в области экологической экспертизы

35. Разрешение споров в области экологической экспертизы между субъектами РФ и между муниципальными образованиями.

Глава IX. Международные договоры РФ

36. Международные договоры РФ.

Глава X. Заключительные положения

37. Вступление в силу настоящего Федерального закона (со дня опубликования).
38. Привести нормативные правовые акты в соответствие с настоящим Федеральным законом.

В вопросах защиты ОС важную роль призваны сыграть методы контроля и анализа наличия вредных выбросов.

Газовая хроматография характеризуется высокой разделяющей способностью и обеспечивает возможность применять различные детекторы, что обеспечивает этому методу большую гибкость. Наиболее часто используемый пламенно-ионизационный детектор (ПИД) недостаточно чувствителен к соединениям с низким содержанием углерода и гетероатомами. В этом случае более предпочтительно использовать детектор электронного захвата (ДЭЗ), а для определения наличия азот- и фосфорсодержащих препаратов — NP-детектор.

Парофазный анализ обеспечивает определение высоколетучих и плохо растворяющихся в воде веществ. При этом анализе аликвотную порцию газовой фазы из закрытого сосуда с пробой вводят непосредственно в газовый хроматограф. Сравнение ее с реальной концентрацией веществ в пробе дает необходимую точность при анализе.

Жидкостная хроматография применяется для определения наличия низколетучих веществ при комнатной температуре, что обеспечивает сохранность веществ и соединений от разложения при высоких температурах. Как и в случае газовой хроматографии здесь применяются несколько высокочувствительных детекторов (УФ-, флуориметрический и электрохимический детекторы). Для достижения максимальной чувствительности при использовании флуориметрических детекторов регистрацию сигналов различных веществ проводят при оптимальных длинах волн возбуждения и испускания. Поэтому соответствующие спектры возбуждения и флуоресценции регистрируют в статических условиях, а рабочие длины волн детектора по ходу анализа переключают при помощи временной программы. Электрохимический детектор особенно удобен при определении фенолов и аминов в водах.

Масс-спектрометрия в сочетании с газовой хроматографией является эффективным методом идентификации и структурного анализа присутствующих в ОС органических веществ неизвестного состава. Наиболее часто используется ионизация (электрическая или химическая). При электрической ионизации по наблюдаемой картине фрагментации получают информацию о структуре определяемого вещества, а при химической — под действием газа-реагента (аммиак, метан, изобутан) образуются молекулярные ионы, что дает информацию о молекулярной массе компонентов пробы.

Метод потока частиц (сочетание жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии) применим при решении разнообразных ана-

литических задач: поток частиц, выходящий из жидкостного хроматографа, диспергируется гелием, и струя подается в сопло. В двухступенчатом масс-спектрометре тяжелые молекулы определяемого вещества концентрируются вдоль оптической оси, а легкие — отсасываются вакуумом. Молекулярный пучок практически полностью испаряется в ионном источнике масс-спектрометра, где молекулы определяемого вещества (соединения) ионизируются.

Лазерные методы измерения уровня загрязнения атмосферы. Принцип действия лидара (метод оптической локации) аналогичен радиолокации. При этом в качестве импульсного источника энергии используется лазер, а отраженный пучок (с той же длиной волны) направляется обратно в систему и регистрируется фотоприемником. Этот пучок несет информацию о полной концентрации (без их разделения по составляющим) атмосферных частиц. Лазерный метод комбинированного рассеяния обеспечивает достаточную идентификацию выделенных газов, но лишь на небольших расстояниях при достаточно высокой концентрации. Комбинированное рассеяние представляет собой рассеяние света молекулами газа, что сопровождается изменением длины волны рассеиваемого света. Таким образом, для газа с известным составом комбинационное рассеяние приводит к появлению дополнительных спектральных линий, располагающихся вблизи от линий молекул газа. Каждая рассеивающая среда имеет характерный лишь для нее спектр комбинационного рассеяния. Поскольку комбинационный сдвиг частоты является характеристикой молекул данного типа, то исследование спектров атмосферных газов может служить основой для создания чувствительного метода обнаружения конкретных газов. Этот метод также применим для малых расстояний и концентраций или требует применения мощных лазеров с перестраиваемой частотой. Но это требует соблюдения повышенных мер безопасности.

При использовании метода резонансной флуоресценции лазерный пучок направляется в газовый объем, в котором могут оказаться молекулы, способные флуоресцировать под воздействием излучения с определенной длиной волны. Флуоресцентное излучение улавливается приемным телескопом, обладающим более высокой чувствительностью. Это обеспечивает большую чувствительность, но действие ограничено конечным временем флуоресцентного свечения.

Метод регистрации естественной флуоресценции загрязняющих атмосферу веществ (без возбуждения их лазером) требует очень

высокой чувствительности аппаратуры из-за незначительной мощности сигнала. При применении метода использования лазеров, основанного на поглощении, так как пучок пропускают через исследуемый объем, излучатель и приемник располагают по разные стороны от исследуемого объема. Метод позволяет определить лишь интегральную концентрацию загрязнений на пути пучка, обеспечивает высокую чувствительность и хорошую идентификацию.

Производственно-хозяйственные нормативы качества устанавливают требования к источнику вредного воздействия, ограничивая его деятельность определенной пороговой величиной. Нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ (ПДВ) обеспечивают выполнение контроля за промышленными и другими выбросами и сбросами в ОС вредных веществ.

В соответствии с Законом об охране ОС (статья 27) эти нормативы устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, данных о наличии мутагенного эффекта и вредных воздействиях по каждому источнику загрязнения на основе действующих нормативов ПДК (табл. 12.2–12.4) вредных веществ в ОС.

На этом основании прогнозируют экологические и социально-гигиенические последствия для состояния ОС, а сам контроль осуществляется на основе конкретно установленных для каждого ис-

Таблица 12.2
ПДК некоторых атмосферных загрязнений, мг/м³

Вещество	С Ш А		В О З		Россия	
	ПДК	время	ПДК	время	ПДК	время
Оксид углерода	40	60 мин	100	15 мин	5	30 мин
Озон	10	8 ч	60	30 мин	5	24 ч
	0,235	1 ч	0,15	1 ч	0,16	30 мин
			0,5	10 мин	0,5	30 мин
Диоксид серы	0,365	1 сут	0,5	10 мин	0,5	30 мин
	0,08	1 год	0,35	1 ч	0,05	1 сутки
Диоксид азота	0,1	1 год	0,4	1 ч	0,085	30 мин
			0,15	24 ч	0,04	24 ч
Свинец	0,0015	3 мес	0,0005	1 год	0,0017	24 ч
Кадмий			5 нг	1 год	0,001	24 ч
Формальдегид	—	—	0,1	30 мин	0,035	30 мин
					0,003	24 ч
Ртуть	—	—	0,001	1 год	0,003	24 ч
Стирол	—	—	0,8	24 ч	0,04	30 мин
					0,002	24 ч

Таблица 12.3

ПДК некоторых веществ в воде
хозяйственно-питьевого назначения, мг/л

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
Барий	0,1	Санитарно-токсикологический	III
Бензопирен	$5 \cdot 10^{-6}$		I
Бензол	0,5		II
Бериллий	$2 \cdot 10^{-4}$		I
Винилхлорид	0,05		III
Диоксин	—		I
Дифенил	0,001	III	II
Кадмий	0,001		III
Марганец	0,1	Органолептический, цветной	III
Медь	1,0	Органолептический, привкус	III
Нефть	0,2	Органолептический, пленка по поверхности воды	IV
Нитраты	45	Санитарно-токсикологический	III
Нитриты	3,3		II
Свинец	0,03		III
Фенол	0,001	Органолептический	IV
Формальдегид	0,05	Санитарно-токсикологический	II
Цинк	1,0	Общесанитарный	III

Таблица 12.4

ПДК некоторых веществ в почве, мг/кг

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности
Бензопирен	0,02	Общесанитарный
Бензин	0,1	Воздушно-миграционный
Ванадий	150	Общесанитарный
Мышьяк	2	Транслокационный
Ртуть	2,1	Общесанитарный
Свинец	32	
Кобальт	5	
Медь	3	
Полихлорбифенилы (сумма)	0,06	

точника выброса (сброса) ПДВ, а их может быть несколько даже на одном объекте.

Постановлением правительства РФ (1992 г.) установлен порядок разработки и утверждения экологических нормативов на сбросы и выбросы загрязняющих веществ, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов. Постановление допускает два вида нормативов выбросов (сбросов): предельно допустимые (ПДВ) и временно согласованные (ВСВ). Временно согласованные нормативы устанавливаются для объектов, которые не в состоянии какое-то время обеспечить нормативы ПДВ. Такие объекты должны разработать планы снижения выбросов по этапам до достижения ПДВ. Это находится в определенном противоречии с законом об охране ОС (статья 27), который устанавливает только один норматив (ПДВ) и не допускает снижения ответственности предприятия за загрязнение ОС и причинение вреда здоровью человека. В необходимых случаях может быть назначена экологическая экспертиза.

Социально-общественный и юридический смысл ПДВ состоит в том, что вред, причиненный здоровью человека и природной среде, является следствием превышения допустимых норм концентрации вредных веществ в атмосфере, водоемах или почве. Органы экологического контроля должны выявлять объекты-загрязнители ОС и принимать меры к привлечению их руководителей к эколого-правовой ответственности. Единственной формой ответственности является возмещение вреда, возлагаемое на предприятие-загрязнитель. Не менее сложным является вопрос о выбросах передвижными источниками загрязнения, ибо до 70% загрязнений атмосферы приходится на автотранспортные средства.

Регулирование выбросов вредных веществ автомобилями ведется по направлениям:

- ♦ совершенствование и разработка нормативов выбросов вредных веществ и выхлопных газов;
- ♦ повышение экономичности двигателя;
- ♦ внедрение малотоксичного, экологически чистого топлива.

Наиболее разработанными являются предельно допустимые нормы нагрузки (ПДН) на окружающую природную среду и нормативы санитарных и защитных зон. При вводе в строй объектов и развитии территорий администрация регионов руководствуется предельно допустимыми нормами нагрузки на ОС с учетом обеспече-

ния благоприятных условий жизни населения, недопущения необратимых изменений в окружающей природе. ПДН определяет допустимые размеры антропогенного воздействия на природные ресурсы или природные комплексы, не приводящие к нарушению экологических функций ОС. Для определения ПДН важным является понятие о емкости природной среды, которая характеризуется потенциальными возможностями природной среды. Нормы ПДН призваны обеспечить рациональное сочетание хозяйственной и рекреационной деятельности с охраной ОС. Различают отраслевые и региональные нормы предельно допустимых норм нагрузки на ОС.

Отраслевые нормы ПДН оперируют отдельными видами природных ресурсов, например:

- ♦ оптимальное число охотников, приходящихся на число диких животных или единицу охотничьих угодий;
- ♦ предельное число домашнего скота, приходящееся на единицу пастбищных площадей (нарушение этого требования в Калмыкии привело к опустыниванию земель);
- ♦ предельные нормы посетителей, пребывающих одновременно на экскурсии в заповеднике.

Региональные нормы ПДН разрабатываются с учетом хозяйственной деятельности или рекреационной нагрузки на природные комплексы. Например, известные нормы допустимых воздействий на экосистему Байкала устанавливают ограничения на использование его водных ресурсов, рыбных запасов, лесных богатств, на развитие хозяйственной деятельности. Эти ограничения увязываются с интересами сохранения в целостности экосистем озера.

Нормативы ПДН разрабатываются и утверждаются отраслевыми или местными экологическими организациями: по лесам — органами лесного хозяйства, по заповедникам и национальным паркам — их администрацией с учетом научных рекомендаций.

Нормативы санитарных и защитных зон устанавливаются с целью охраны водоемов, источников водоснабжения, курортных и лечебно-оздоровительных регионов и других территорий от загрязнений и других вредных воздействий. Эти нормативы определяются характером их целей и задач. Могут быть установлены зоны памятников природы, зоны экологического бедствия, зоны чрезвычайных экологических ситуаций и катастроф.

В нормативных актах серьезное внимание уделяется правильно организованному и систематическому санитарному надзору. Веду-

шая роль в этом вопросе принадлежит предупредительному санитарному надзору с целью обеспечения контроля за полным и безусловным соблюдением правил и требований, изложенных в законодательных и нормативно-технических документах, регулирующих водопользование (Основы водного законодательства), качество источников водоснабжения и питьевой воды (ГОСТ на питьевую воду), а также инженерные решения и схемы приготовления воды, отдельных сооружений для ее обработки, хранения и транспортировки (соответствующие СНиП). Контроль осуществляется на всех стадиях: выбор источника, проектирование водопровода, его строительство и пуск в эксплуатацию.

Ведущее место при осуществлении предупредительного санитарного надзора занимает гигиеническая сертификация продукции, предназначенной для использования при производстве, хранении и транспортировании питьевой воды. При этом подлежит сертификации:

- ♦ технологические процессы и устройства, применяемые при подготовке, очистке, опреснении и обеззараживании питьевой воды;
- ♦ реагенты, флокулянты, коагулянты и сорбенты, используемые при очистке питьевых вод;
- ♦ водоочистные устройства (портативные, индивидуальные, бытовые, групповые);
- ♦ питьевая вода фасованная (с оценкой водоисточника).

Гигиеническая сертификация, направленная на обеспечение безопасности для человека рассматриваемой продукции, проводится территориальными центрами государственного санитарного надзора и другими учреждениями, имеющими соответствующий сертификат. В задачу текущего санитарного надзора входит контроль за содержанием акватории, санитарного состояния территории, всех элементов водопровода, личной гигиеной персонала, своевременность прохождения им медосмотров. Качество санитарного надзора определяется состоянием лабораторного контроля во всех точках водопровода. Различают лабораторно-производственный, выполняемый владельцем водопровода, и санитарно-лабораторный контроль, осуществляемый службами санитарного надзора.

Чтобы в полном объеме и своевременно выполнить работы по ликвидации негативных последствий возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) необходимо заблаговременно и тщательно осуществить подготовку сил ГО и ЧС для действий в таких условиях,

мониторинг природной среды, а также обеспечить наличие современного передвижного лабораторного и иного оборудования для выполнения контроля степени загрязнения атмосферы, почвы и водных ресурсов, мест хранения токсичных отходов.

К средствам наблюдения и контроля относятся формирования:

- ♦ федеральных органов, осуществляющих контроль состояния окружающей природной среды, обстановки на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территорий, анализ воздействия вредных факторов на здоровье населения;
- ♦ Госкомитета санитарно-эпидемиологического надзора РФ;
- ♦ ветеринарной службы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации;
- ♦ организаций, осуществляющих наблюдение и лабораторный контроль за качеством сырья и продуктов питания Комитета РФ по торговле и Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ;
- ♦ учреждения сети наблюдения и лабораторного контроля;
- ♦ подразделения геодезической службы Российской академии наук, оперативной группы постоянной готовности регионального центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- ♦ подразделения Министерства по атомной энергии РФ.

К силам ликвидации ЧС и их последствий относятся:

- ♦ аварийно-спасательные, противопожарные, восстановительные, аварийно-восстановительные, аварийно-технические и поисковые организации;
- ♦ службы медицины катастроф;
- ♦ ветеринарные службы и службы защиты растений Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ;
- ♦ территориальные подсистемы РСЧС;
- ♦ специально подготовленные силы и средства войск ГО, других войск и военных формирований, предназначенных для ликвидации последствий ЧС;
- ♦ восстановительные и пожарные поезда МПС РФ;
- ♦ аварийно-спасательные службы и формирования федеральной службы речного флота;
- ♦ силы и средства органов внутренних дел федерации и регионов применяются в соответствии с возложенными на них задачами.

Трагические события последних десятилетий все чаще доказывают, что необходимо найти пути снижения риска возникновения

и развития чрезвычайных ситуаций, смягчения и локализации их отрицательных последствий для людей и окружающей среды. Надо четко понять, что остановить научно-технический процесс невозможно, но сделать его менее опасным можно проведением объективной и независимой экспертизы на стадии проектирования и строительства объектов и комплексов экономики, а также обеспечением широкой гласности и участия населения региона при окончательном принятии решения по данному вопросу. Но главное — обеспечить подготовку персонала, его морально-психологическую стойкость, повышение производственной и технологической дисциплины, персональной ответственности каждого руководителя независимо от ведомственной принадлежности и формы собственности за безопасность персонала, его техническую и специальную подготовку, за способность умело и грамотно действовать в условиях ЧС, неукоснительное выполнение мер безопасности.

Чтобы снизить число жертв, необходимо обеспечить максимально оперативные (с использованием вычислительной техники), единые на всю страну системы связи, управления и оповещения, а также постоянную готовность унифицированного спасательного оборудования. Об этом же говорит опыт проведения спасательных работ: 80% пострадавших удастся спасти лишь в первые 5 ч после катастрофы. Катастрофа на ЧАЭС принесла огромный ущерб, погибло более 30 и получили серьезное лучевое поражение 200 человек, эвакуировано около 100 тыс. и почти 250 тыс. человек продолжают жить в зоне заражения [9, 18, 49, 50, 52].

Нормирование вредных веществ в почве — одно из важнейших направлений гигиены окружающей среды. Методика нормирования включает пять этапов.

1. Математическое моделирование эксперимента с использованием существующих моделей и выявленных закономерностей в поведении вредных веществ в элементах биосферных систем, их стабильности и процесса распределения. Задачей этапа является определение целесообразности нормирования конкретного вещества в почве, проведение минимального объема экспериментальных исследований, установление условий и режима проведения эксперимента.

2. Изучение стабильности вредного вещества в почве, определение параметров четырех основных показателей вредности: транслочационного; митрационного воздушного, митрационного водного; общесанитарного показателя вредности в лабораторных условиях.

3. Полученные на лабораторной модели результаты уточняются в реальных условиях. Вырабатываются научно обоснованные ПДК (ПДУ) вредных веществ в почве для разных почвенно-климатических условий.

4. Этап характеризуется изучением состояния здоровья населения в климато-ландшафтном регионе применения (выброса) данного вредного вещества.

5. Определяются предельно допустимые уровни внесения (ПДУВ) конкретных химических веществ в почву при конкретных почвенно-климатических условиях. На основании полученных результатов проделанной экспериментальной работы уточняются математические модели поведения различных веществ в почве, прогнозирование образования разного рода соединений и их поведения.

При проведении эксперимента любого типа обязательно должны быть испытаны следующие концентрации изучаемых веществ:

- ♦ для пестицидов, минеральных и микроудобрений концентрации, создающиеся при минимальных рекомендованных сертификатом нормах расхода;
- ♦ если стойкость вносимых в почву веществ больше срока вегетационного периода, то проверить концентрации, создающиеся при максимальных нормах расхода указанных веществ, а затем создающихся при превышении нормы в 2–5 раз;
- ♦ для других химических веществ, загрязняющих почву (от сточных вод и их осадков, выбросов предприятий), при выборе концентрации необходимо исходить из уровня естественного содержания вещества в почве и увеличивать уровень их в 2–5 раз с учетом существующего загрязнения, а также норм использования сточных вод и осадков.

От оценки обществом состояния ОС зависит дифференциация таких понятий, как экологические права человека, экологическая экспертиза, экологический риск, соответствующая ответственность физических и юридических лиц за произведенные загрязнения ОС, нормативные показатели степени загрязнения.

В Законе Российской Федерации об охране окружающей природной среды вопросам нормирования отведен самостоятельный раздел (10 статей), где приведены критерии правомерности поведения субъектов экологических правоотношений. Закон требует

обеспечить экологическую безопасность населения; сохранение генетического фонда; рациональное использование и воспроизводство безопасных природных условий, устойчивого развития хозяйственной деятельности.

Для определения показателей качества окружающей среды применительно к здоровью людей разрабатываются санитарно-гигиенические нормативы, определяющие предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ; предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия радиации, шума, вибрации, электромагнитных полей; предельно допустимые остаточные количества вредных веществ в продуктах питания (нитраты, гербициды, пестициды, минеральные удобрения, соли в питьевой воде), вредных микроорганизмов и других биологических веществ.

В России ПДК вредных веществ в водных объектах нормирована действующим ГОСТ для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного видов водопользования.

Для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (табл. 12.5–12.8) установлены лимитирующие признаки вредности: общесанитарный (воздействие вредного вещества на процессы естественного самоочищения воды в водоеме); органолептический (изменение свойств воды, обнаруживаемые осязанием и обонянием); санитарно-токсикологический (воздействие вещества на здоровье людей).

Таблица 12.5
Нормативы химического состава питьевой воды

Химическое вещество, мг/л, не более	Норматив
Алюминий остаточный	0,5
Бериллий	0,0002
Молибден	0,25
Мышьяк	0,05
Нитраты	45
Полиакриламид остаточный	2
Свинец	0,03
Селен	0,001
Стронций	7
Фтор для климатических районов: I, II	1,5
III	1,2
IV	0,7

Таблица 12.6

Нормативы показателей, влияющих на органолептические свойства воды

Показатель (не более)	Норматив
Водородный показатель, pH	6–9
Железо, мг/л	0,3
Жесткость общая, мг/экв/л	7
Марганец, мг/л	0,1
Медь, мг/л	1
Полифосфаты остаточные, мг/л	3,5
Сульфаты, мг/л	500
Сухой остаток, мг/л	100
Хлориды, мг/л	350
Цинк, мг/л	5

Таблица 12.7

Нормативы органолептических свойств питьевой воды

Показатель (не более)	Норматив
Запах при 20°C и нагревании до 60°C, баллы	2
Вкус (привкус) при 20°C, баллы	2
Цветность, градусы	20
Мутность по стандартной шкале, мг/л	1,5

Под качеством природной окружающей среды понимается такое состояние ее экологических систем, при котором постоянно обеспечивается протекание обменных процессов энергии и веществ между природой и человеком на уровне, обеспечивающем воспроизводство жизни на земле.

Воздействие человека на ОС и негативные последствия его деятельности поставили проблему регулирования качества среды, в которой живет и проявляет себя человек. Нормирование качества окружающей природной среды — это процесс разработки и придания юридической формы научно обоснованным нормативам в виде показателей предельно допустимых воздействий человека на окружающую природную среду.

Таблица 12.8

Общие требования к воде, используемой для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд

Показатели воды	Водопользование	
	хозяйственно-питьевое	культурно-бытовое
Взвешенные вещества	<p>Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться после сброса сточных вод от природного уровня не более, чем на 0,25 мг/л</p> <p>Для водоемов и водотоков, содержащих более 30 мг/л природных взвешенных частиц, допускается увеличение на 5%</p>	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должно быть пленок нефтепродуктов, скоплений примесей	
Запахи и привкусы	<p>Интенсивность более двух баллов не допускается: обнаруживается непосредственно после хлорирования</p> <p>Вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мякоти рыб</p>	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике воды 20 см	
Температура	Температура летом после сброса сточных вод не должна превышать более чем на 3°C среднемесячную температуру воды в самый жаркий месяц за последние 10 лет	
pH	Должен оставаться в пределах 6,5–8,5	
Минерализация воды	Не должна превышать по показателю «привкусы», хлоридов 350 мг/л и сульфитов 500 мг/л	Нормируется по сухому остатку
Растворенный кислород	Не менее 4 г/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня.	
БПК _{полн}	Потребление кислорода при 20°C не должно превышать: 3 мг/л	6 мг/л

Примечание: Не допускается наличие возбудителей заболеваний. Ядовитые вещества не должны быть в концентрациях, оказывающих прямое или косвенное вредное влияние на здоровье человека.

Методика нормирования химических веществ включает этапы:

- ♦ математическое моделирование эксперимента с использованием существующих моделей и выявленных закономерностей поведения химических веществ в элементах биотоценозов, их стабильности, процесса распределения, а также в целях определения целесообразности нормирования конкретного вещества и условий лабораторного эксперимента;
- ♦ изучение стабильности химических веществ и определение величины показателя вредности (транслокационного, миграционного воздушного, миграционного водного, общесанитарного);
- ♦ проверка (уточнение) полученных на лабораторной модели данных в натурном эксперименте, научное обоснование ПДК для конкретных климатических условий и региона;
- ♦ изучение состояния здоровья населения при наличии в отходах данного химического вещества в климато-ландшафтном конкретном регионе;
- ♦ определение предельно допустимого уровня внесения (ПДУВ) химических веществ в конкретном почвенно-климатическом регионе.

Устанавливать особые правила обращения с некоторыми опасными отходами (например, свинцовыми аккумуляторными батареями) допустимо нормативными актами местных властей. В частности, в штате Пенсильвания (США) действует при сдаче в магазин, продающий аккумуляторы, положение с таким предупреждением: «Запрещено законом выбрасывать свинцовые аккумуляторы. Законы штата требуют принимать использованные аккумуляторы в обмен на покупаемые новые аккумуляторы».

Не менее ответственной задачей местных властей может стать поддержка экономической состоятельности программ сбора вторичного сырья путем развития рынков для собранных материалов. Это обеспечит возможность снижения необходимости добычи данных материалов из руд. В штате Пенсильвания создана рабочая группа по развитию рынка вторичных материалов под руководством вице-губернатора, обеспечивая таким компаниям доступ к разного рода льготам, грантам, дешевым кредитам. Важной стороной деятельности этой группы является распространение информации о позитивном опыте и о порядке налаживания контактов. Большое внимание уделяется и сбору макулатуры. Таким образом даже в странах с развитой рыночной экономикой государство может стать крупнейшим потребителем товаров и услуг.

В наиболее плачевном состоянии оказываются малые реки. Они относятся к наиболее ранимым компонентам географической оболочки, они быстрее «заболевают» и передают эту болезнь другим компонентам природной среды. Для их защиты от истощения и загрязнения отрабатывается комплекс организационных мероприятий по соблюдению правил использования бассейнов малых рек, по благоустройству и облесению их водосборов, агротехнические приемы по задержанию снега и накоплению влаги, по уменьшению водной и ветровой эрозии, создание прудов и отстойников, расчистка русел и водоемов, естественно-биологические мероприятия.

Запрещается размещение и строительство в поймах нефтяных скважин, спусков, парков и пунктов; устройство стоянок и мойка автотранспорта; ограничивается использование моторных лодок и речных судов.

Не допускается внесение органических и минеральных удобрений по снежному покрову, авиаобработка сельхозугодий; расположенных ближе 2,5 км от берегов малых рек и водоемов, хранение минеральных удобрений и ядохимикатов на открытых площадках, строительство животноводческих комплексов, летних пастбищ, площадок для скота в поймах рек. Целесообразно устраивать земляные обваловки на возможном пути движения жидких отходов животноводства от очистных сооружений ферм в аварийных ситуациях. Как средство борьбы с эрозией не допускается вырубка леса в бассейнах малых рек, осуществляется восстановление и посадка лесов на склонах. Для задержания загрязнений от любых объектов экономики могут быть созданы одно- или многоступенчатые биологические пруды, плато, водоемы, заселенные высшими (макрофитами) водными растениями. Заросли макрофитов создают барьер на пути загрязнений, замедляют течение, что увеличивает время контакта поступающих загрязнений (соединения азота, фосфора, калия) с биоценозами водоема. Это способствует интенсификации самоочищения воды. Обращается внимание на выполнение научно-обоснованных требований к эксплуатации разного рода гидротехнических сооружений.

Для поддержания благоприятного гидрологического режима, улучшения санитарного состояния, рационального использования водных ресурсов и сохранения генофонда кормовых растений на пойменных лугах вокруг каждой реки, озера или водохранилища создают водоохранную зону, размер которой зависит от геофизичес-

ких, геоботанических, почвенных, гидрологических и других условий. Минимальная ширина зоны устанавливается для рек от среднеголетнего уреза воды в летний период по длине реки от истока:

Длина реки до ..., км	10	50	100	200	500	>500
Ширина зоны, м	15	100	200	300	400	500

В водоохранной зоне запрещаются:

- ♦ авиационно-химические работы;
- ♦ применение ядохимикатов, пестицидов и дефолиантов;
- ♦ использование навозных стоков для удобрения;
- ♦ размещение складов ядохимикатов, минеральных удобрений, горючесмазочных материалов, складирование навоза, мусора, отходов производства;
- ♦ устройство животноводческих комплексов и ферм;
- ♦ вырубка лесов;
- ♦ стоянка и заправка топливом, мойка и ремонт автотранспортных средств, устройство взлетно-посадочных полос и площадок для авиационно-химических работ;
- ♦ вымочка кож, льна, конопли.

В пределах прибрежной зоны кроме ограничений, установленных для водоохранной зоны, запрещается распашка земель, применение удобрений, выпас скота и устройство его летних лагерей, размещение палаточных городков. Минимальная ширина прибрежной зоны для реки устанавливается в зависимости от среднеголетнего уреза воды в летний период и уклона до 15° — 25 м, до 30° — 35 м, более 30° — 50 м.

Правовые меры обеспечения безопасности при использовании атомной энергии и источников ионизирующих излучений включают: установление государством необходимых норм и правил; осуществление постоянного госконтроля за выполнением всеми лицами и организациями этих норм и правил; применение государством санкций ко всем лицам и организациям, нарушающим эти нормы и правила.

Базовым в этом вопросе является Закон РФ «Об использовании атомной энергии» (1995 г.), определяющий полномочия, права и обязанности органов власти, предприятий и граждан, порядок размещения, строительства и защиты объектов атомной энергетики, ответственность за нарушение законодательства. Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» (1996 г.)

регулируются отношения в сфере радиационной безопасности с установлением соответствующих норм производственного контроля (статьи 11, 14). Указом Президента РФ № 26 от 21.01.97 г. установлено, что органами государственного регулирования в вопросах ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности являются федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Министерство здравоохранения РФ, федеральный горный и промышленный надзор, МВД РФ.

Тенденция ухудшения экологической ситуации в России требует повышения эффективности деятельности государственных природоохранных органов, определения потенциальных партнеров и сторонников движения по оздоровлению окружающей природной среды, поиска оптимальной модели их взаимодействия. В современном экологическом движении необходимо обеспечить общие черты современных социальных движений.

Развитие экологического движения связано с осознанием общественностью, официальными кругами, широкими слоями населения перерастания процессов деградации в природной среде, вызванных антропогенными воздействиями, из локальных и региональных в глобальные, т.е. с пониманием масштаба экологической опасности. В ходе развития экологического движения должен быть обеспечен отказ от установки на покорение природы, признание необходимости считаться с ее возможностями и ограничениями во всех сферах жизни. Таким образом, сущность концепции «экологический гуманизм» — это призыв к формированию подлинно человеческого отношения к природе, обеспечение жизни людей в полной гармонии с природой.

В последние годы ряд факторов осложняет экологическую ситуацию. Если на территории бывшего СССР имелись зачатки какой-то реальной системы охраны природы, то неподготовленность, а чаще прямое нежелание значительной части после перестроечного социального слоя (предпринимателей) применять рациональные приемы природопользования; появление и расширение зон экологической напряженности (из-за вспыхнувших межнациональных конфликтов); необходимость уничтожения химического, ядерного и обычного оружия, захоронения ядерных отходов резко осложняют социальную напряженность в обществе.

Методическое обеспечение социально-экологического мониторинга должно представить из себя совокупность методик сбора, обработки и анализа первичной социологической информации по самым различным объектам изучения:

- ♦ общественное мнение по экологическим проблемам;
- ♦ изучение лидеров, выражающих (формирующих) общественное мнение;
- ♦ внешние информационные воздействия (деятельность СМИ, влияние подразделений «связи с общественностью», влияние реализации «общественного участия»);
- ♦ социальные процессы в генеральной совокупности, испытывающие влияние экологических факторов;
- ♦ социальные процессы в генеральной совокупности, способные повлиять (прямо или косвенно) на экологическую ситуацию.

Литература

1. **Александров В. Ю.** и др. Экологические проблемы автомобильного транспорта. Новосибирск, 1995.
2. **Андрейцев В. А.** Правовое обеспечение экологической экспертизы. Киев, 1990.
3. **Арский Ю. М., Данилов-Данильян В. И.** и др. Экологические проблемы. М.: МНЭПУ, 1997.
4. **Базилинская М. В.** Биоудобрения. М., 1989.
5. **Базлов В. И.** и др. Охрана природы и инженерная защита окружающей среды в пищевой промышленности. М., 1996.
6. **Безуглая Э. Ю., Расторгуева Г. П., Смирнова И. В.** Чем дышит промышленный город. М., 1991.
7. **Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А.** Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л.: Химия, 1985.
8. **Букреев Е. М., Букреева Т. Е.** Исследование состава и свойств ТБО г. Калуги. М., 1997.
9. **Булатов В. И.** 200 ядерных полигонов СССР, география радиационных катастроф и загрязнений. Новосибирск, 1993.
10. **Васильев М. И.** Судебная защита экологических прав. Центр экологической политики России. М., 1996.
11. **Винокуров Ю. Е.** и др. Охрана окружающей природной среды. Сб. нормативных актов. Вып. 3, 4. М.: МНЭПУ, 1995.
12. **Витебский Я. Д.** Питайтесь рационально. Челябинск, 1989.
13. **Вишеренко В. С., Толоконцев М. А.** Экологические проблемы городов и здоровье человека. М., 1998.
14. **Волкина И. Л.** Промышленная технология хранения картофеля, овощей и плодов. М.: ВО Агропромиздат, 1989.
15. **Гвоздев В. Д.** и др. Очистка производственных сточных вод и утилизация. М.: Химия, 1988.
16. **Горш С. Н.** Глубокое охлаждение. Термодинамические основы сжижения и разделения газов. М.: Советская наука, 1960.
17. **Гринин А. С.** Радиоиммунологический анализ. М.: Энергоатомиздат, 1984.
18. **Омнигенная экология**, т.1, 2/Под ред. проф. А. С. Гринина, Брянск, 1995, 1996.
19. **Омнигенная экология**, т.3/Под ред. проф. А. С. Гринина, Калуга: Облиздат, 1997.
20. **Дмитриев А. М.** и др. Радиационная обработка сточных вод животноводческих комплексов. Минск, 1981.
21. **Евилевич А. Э.** Утилизация осадков сточных вод. Л.: Стройиздат, 1988.

22. Ермаков В. Д. и др. Отчет о НИР. Разработка нормативно-правового механизма реализации мероприятий экологического обеспечения ВС РФ. М.: НИИ Генпрокуратуры РФ, 1996.
23. Загальский А. К. и др. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды; свойства, получение, применение. М.: Химия, 1987.
24. Ильницкий А. П. Канцерогенные вещества в водной среде. М., 1993.
25. Калькуляция экономически обоснованного тарифа на вывоз твердых бытовых отходов от населения (на 01.01.98). Информационный лист ЖКХ г. Калуги.
26. Кислотные дожди: Долговременные тенденции. Пер. с англ. Л.: Гидрометеиздат, 1990.
27. Ковда В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1982.
28. Комплексная программа непрерывного экологического образования в г. Москва до 2005 года. Постановление Правительства г. Москва № 537 от 13.07.95 г.
29. Кормовые нормы и состав кормов. М., 1991.
30. Королев А. А. Гигиена и санитария. 1973, № 8.
31. Король И. Л. Озонный щит Земли и человек. С.-П.: Знание, 1992.
32. Кортс Ф. и др. Экологическая химия: Пер. с нем./Под ред. Ф. Кортс. М.: Мир, 1996.
33. Коршук Э. Ф. и др. Калийная промышленность СССР и окружающая среда. Минск, 1983.
34. Косишинский Г. И. Технология солода. Пива и безалкогольных напитков. Киев, 1960.
35. Крымова И. С., Московская Е. У. Биохимия мяса. Воронеж, 1968.
36. Лаверов Н. П. и др. Геологические аспекты проблемы захоронения радиоактивных отходов//Геозкология. 1994. № 6.
37. Ласков Ю. М. и др. Очистка сточных вод предприятий кожевенной и меховой промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
38. Ласкорин Б. Н. и др. Безотходная технология переработки минерального сырья: Системный анализ. М.: Недра. 1984.
39. Малышина Е. А., Шушунов Н. О. Проект лимитов образования и размещения отходов производства и потребления ЗАО «ГИГАНТ». Калуга, 1999.
40. Майоров О. С., Морозова Т. М., Молодых Н. Д., Малышина И. В. Проект предельно-допустимых выбросов для ЗАО «ГИГАНТ». Калуга, 1996.
41. Мирный А. И. и др. Санитарная очистка и уборка населенных мест. Справочник под ред. А. И. Мирного. М.: Стройиздат, 1990.
42. Мкртчян Г. М. и др. Природопользование в системе управления. Планирование с использованием экономико-статистических методов. Новосибирск, 1991.
43. Морачевский А. Г. и др. Переработка вторичного свинцового сырья. СПб.: Химия, 1993.

44. Моткин Г. А. Основы экологического страхования. М.: Наука, 1996.
45. Назарова Н. С. Переработка и утилизация отходов//Инженерная экология. 1998. № 5.
46. Никитин А. Т. и др. Проект плазмохимической установки переработки токсических отходов. Заказ правительства г. Москва, 1994.
47. Никитин А. Т. и др. Проект электроэрозионной установки по получению железноокислых пигментов из отходов. Заказ ГКНТ, 1995.
48. Новиков В. М. и др. Механизация уборки и утилизации навоза. М.: Колос, 1982.
49. Новиков В. Н., Гринин А. С., Пронин Л. Т. Экология чрезвычайных ситуаций. Практикум по курсу БЖ для вузов всех специальностей. Калуга, 1997.
50. Новиков В. Н., Гринин А. С., Пронин Л. Т. Экология чрезвычайных ситуаций. Курс лекций по БЖ для ВУЗов всех специальностей, Калуга, 1998. Облздат.
51. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Минздрав России. М., 1999.
52. Обеспечение защиты персонала и населения в ЧС. Справочник. В 2-х т. М.: Штаб ГО РСФСР, 1993.
53. Общие положения обеспечения безопасности АЭС и реакторов. ОПБ-88.
54. Обоснование основных положений об экополигоне. Промежуточный отчет о НИР. НПО «Химзащита». М., 1994.
55. Паль Л. Л. и др. Справочник по очистке природных и сточных вод. М.: Высшая школа, 1994.
56. Перечень ПДК и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М.: Медгигиенр, 1995.
57. Петров В. В. Экологическое право России. М., 1995.
58. Пищевая ценность овощей и фруктов (справочник). М.: Пищевая промышленность, 1972.
59. Проектирование и эксплуатация полигонов ТБО. М.: Стройиздат, 1981.
60. Пронин А. П. и др. Тяжелые металлы, кислотность и буферность снеговых выпадений центральных районов Европейской России//Геозкологические исследования и охрана недр. 1995. № 2.
61. Разуванов А. Ф., Радионов А. С. Война и экология//Зеленый мир. 1996. № 2.
62. Реймерс Н. Ф. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990.
63. Ростиков В. П. Эффективность обеззараживания сточных вод свиноводческого комплекса на импульсно-линейном ускорителе. Сборник научных трудов ВНИИССВ, 1996.
64. Руководство по контролю качества питьевой воды. Женёва, 1986.
65. Рыбальченко А. И. и др. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов. М.: ИздАТ, 1994.
66. Сборник нормативно-методических документов по обращению с отходами производства и потребления. М.: Логус, 1996.

67. Скуринин И. М., Волгарев И. Н. Химический состав пищевых продуктов. М., 1987.
68. Смоленская Е. А. и др. Тезисы доклада совещания «Переработка и утилизация отходов производства минеральных удобрений». Черкассы, 1983.
69. Сорокин М. Я. Водоснабжение и санитарная техника. М., 1987. Т. 2.
70. Сосунова И. А. Социальная экология. М.: ИСПИ РАН, 1996.
71. Утилизация промышленных и бытовых отходов (справочник). М., 1992.
72. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод. М.: Стройиздат, 1982.
73. Фельдман Ю. Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха. М.: Медицина, 1975.
74. Яковлев С. В. и др. Очистка производственных сточных вод. М.: Стройиздат, 1985.

Оглавление

Предисловие	3
Принятые сокращения	4
Терминология	6
Введение	14
Глава 1. Устойчивость и безопасность окружающей среды, понятие отходов. Способы переработки отходов	19
Глава 2. Превращения веществ. Утилизация отходов. Биологическая деградация органических отходов	56
Глава 3. Промышленные отходы. Проблемы утилизации и переработки использованных аккумуляторов и резинотехнических изделий. Загрязнение атмосферы. Очистка воздуха от промышленных и выхлопных газов	87
Глава 4. Загрязнение гидросферы промышленными и бытовыми стоками. Очистные сооружения	115
Глава 5. Переработка и утилизация отходов пластмасс, легкой и текстильной промышленности	149
Глава 6. Переработка отходов целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности	174
Глава 7. Утилизация отходов химической промышленности, металлургии и комплексов машиностроения. Проблемы обращения с запасами химического и ракетно-ядерного оружия	185
Глава 8. Основы создания малоотходных производств и использование экологически чистых технологий	210
Глава 9. Отходы сельскохозяйственной, пищевой и перерабатывающей промышленности	223
Глава 10. Бытовые отходы. Происхождение, хранение и способы утилизации. Полигоны твердых бытовых отходов и их экологическая роль	249
Глава 11. Экологические аспекты промышленных и бытовых отходов Калужской области	265
Глава 12. Правовые и социальные нормы охраны окружающей среды	285
Литература	328

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА «ГРАНД-ФАИР»
предлагает вниманию читателей книги

Формат 60×90/16, переплет



Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: Учебное пособие для вузов. — 2001. — 320 с.

В пособии изложены научные основы охраны среды обитания человека — основные законы экологии, учение о биосфере, а также экологические аспекты научно-технического прогресса, среды обитания, здоровья человека, охраны атмосферного воздуха, поверхностных вод, морей и океанов от загрязнения.



Гринин А. С., Новиков В. Н. Экологическая безопасность. Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях: Учебное пособие. — 2001. — 336 с.: ил.

Книга является учебным пособием для занятий по курсам «Гражданская оборона», «Безопасность жизнедеятельности», «Проектирование инженерно-технических мероприятий гражданской обороны», «Основы безопасности жизнедеятельности» при подготовке личного состава формирований гражданской обороны.



Гринин А. С., Новиков В. Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. — 2002. — 288 с.: ил.

В данном учебном пособии рассматриваются вредные и опасные факторы, сопутствующие человеку в повседневной жизни, предотвращение возможных чрезвычайных ситуаций и снижение ущерба от них, воздействие поражающих факторов на человека, правила поведения в сложной экологической обстановке.



Политическая и экономическая этика / Пер. с нем. — 2001. — 368 с.

В настоящем издании представлены работы широкоизвестных немецких специалистов по современной социальной этике — Б. Сутора и К. Хомана. Обе книги объединяет одна цель: авторы исследуют возможности того, как в условиях современной демократии и рыночной экономики могут быть осмыслены и реализованы моральные ценности и цели.

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА «ГРАНД-ФАИР»
предлагает вниманию читателей книги из серии
«Грандиозный мир»
Формат 84×108/32, мягкая обложка



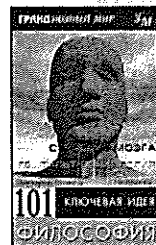
Брейтот Дж. 101 ключевая идея: Физика. — Пер. с англ. — 2001. — 256 с.

Эта книга знакомит читателя с физикой, привлекая внимание к знакомым предметам, раскрывая их незнанные стороны. Здесь объясняется 101 ключевая идея великой науки, расширяющей наши знания о мире.



Митчелл П. 101 ключевая идея: Экология. — Пер. с англ. — 2001. — 224 с.

Цель этой книги – доступным и увлекательным образом познакомить читателя с экологией. Здесь объясняется 101 ключевой термин, часто встречающийся в литературе по данной отрасли знаний.



Оливер П. 101 ключевая идея: Философия. — Пер. с англ. — 2001. — 240 с.

Эта книга знакомит читателя с философией. Здесь объясняется 101 ключевой термин, часто встречающийся в литературе по данной отрасли знаний.



Дженкинс М. 101 ключевая идея: Эволюция. — Пер. с англ. — 2001. — 240 с.

Читатель познакомится с эволюцией, описываемой в доступной форме. В книге объясняется 101 ключевой термин, часто встречающийся в литературе по данной отрасли знаний.

КНИГИ

Издательской группы «ГРАНД-ФАИР»

можно приобрести

В МОСКОВСКИХ МАГАЗИНАХ:

1. **Московский Дом Книги**
Адрес: г. Москва, ул. Новый Арбат, д. 8
(м. Арбатская). Справочные тел.: 290-35-80,
290-45-07
2. **Торговый Дом «Москва»**
Адрес: г. Москва, ул. Тверская, д. 8 (м. Твер-
ская). Справочный тел.: 229-64-83
3. **«Библио-Глобус»**
Адрес: г. Москва, ул. Мясницкая, д. 6 (м. Лу-
бянка). Справочный тел.: 928-35-67
4. **«Молодая Гвардия»**
Адрес: г. Москва, ул. Б. Полянка, д. 28 (м. По-
лянка). Справочный тел.: 238-50-01
5. **«Книга»**
Адрес: г. Москва, ул. Воронцовская, д. 2/10
(м. Таганская). Справочный тел.: 911-14-03
6. **«Белые облака»**
Адрес: г. Москва, ул. Покровка, д. 4. Справоч-
ный тел.: 921-61-25
7. **Дом Педагогической Книги**
Адрес: г. Москва, ул. Б. Дмитровка, д. 7/5.
Справочные тел.: 229-50-04, 229-93-42
8. **Дом Книги в Медведково**
Адрес: г. Москва, Заревый пр-д, д. 12 (м. Мед-
ведково). Справочный тел.: 478-48-97
9. **Дом Книги ВДНХ на территории ВВЦ**
Адрес: г. Москва, пр-т. Мира, Хованские воро-
та (м. ВДНХ). Справочный тел.: 181-97-26
10. **Дом Технической Книги**
Адрес: г. Москва, Ленинский пр-т, д. 40. Спра-
вочный тел.: 137-68-88, 137-60-19
11. **МКП «Новый»**
Адрес: г. Москва, ш. Энтузиастов, д. 24/43
(м. Авиамоторная). Справочный тел.: 362-09-23